

Université Lumière Lyon 2

École doctorale : Neurosciences et cognition

*Laboratoire d'Etude des mécanismes cognitifs (EMC - EA 3082 - ERL
CNRS 3106)*

**Le traitement syllabique chez l'enfant
normo-lecteur et dyslexique : rôle des
caractéristiques linguistiques du
français**

par Norbert MAÏONCHI-PINO

Thèse de doctorat de psychologie

mention : psychologie cognitive

sous la direction d'Annie MAGNAN

présentée et soutenue publiquement le 28 mai 2008

Composition du jury :

Jean ÉCALLE, maître de Conférences HDR à l'université Lumière Lyon 2

Annie MAGNAN, professeure à l'université Lumière Lyon 2

Bruno De CARA, maître de conférences à l'université de Nice

Jean-Émile GOMBERT, professeur à l'université Rennes 2

Jacqueline LEYBAERT, professeure à l'université Libre de Bruxelles

Ronald PEEREMAN, chargé de recherche au CNRS

Statistiquement tout s'explique, personnellement tout se complique.

Daniel Pennac

Certains mots peuvent en cacher d'autres.

William Shakespeare

*Pour tester les valeurs morales d'une société, il suffit de regarder comment elle traite ses
enfants.*

Dietrich Bonhoeffer



Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « [Paternité - pas d'utilisation commerciale - pas de modification](#) » : vous êtes libre de le reproduire, le distribuer et le communiquer au public à condition de mentionner le nom de son auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ou l'utiliser à des fins commerciales.

Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord à Madame Annie Magnan qui a accepté de diriger ce travail de thèse ainsi qu'à Monsieur Jean Écalte qui a également participé et contribué à la réalisation et à l'aboutissement de cette recherche. Je tiens vivement à les remercier pour m'avoir encadré, formé et accordé un soutien et une confiance tout au long de mon parcours qui a débuté avec eux dès mon arrivée en Licence de Sciences Cognitives. Je tiens à leur exprimer toute ma reconnaissance et ma gratitude pour m'avoir permis de travailler sur des thèmes divers et variés, stimulants et riches en perspectives. Je les remercie enfin pour les savoirs et les savoir-faire qu'ils ont contribué à me transmettre.

Je tiens à remercier les membres rapporteurs et examinateurs de l'honneur qu'ils m'ont fait de bien vouloir participer à mon jury de thèse. Je remercie Madame Jacqueline Leybaert et Monsieur Jean-Émile Gombert d'avoir été mes rapporteurs ainsi que Messieurs Ronald Peereman et Bruno De Cara d'avoir été mes examinateurs.

Je tiens à remercier avec ma plus profonde gratitude Madame Annie Magnan, Monsieur Jean Écalte, Madame Evelyne Veillet et Monsieur Lionel Collet de m'avoir offert l'opportunité de travailler sur un sujet passionnant et de suivre des formations précieuses.

J'adresse mes plus sincères remerciements à Monsieur Olivier Koenig pour son accueil au sein du Laboratoire d'Étude des Mécanismes Cognitifs.

Je remercie Madame Annie Magnan, Monsieur Olivier Koenig ainsi que l'Université Lumière Lyon 2 pour la confiance qui m'a été accordée en m'octroyant une Allocation de Recherche Ministérielle pendant 3 ans.

Je remercie également Monsieur Bruno De Cara avec qui j'ai eu grand plaisir à collaborer scientifiquement et à qui je suis très reconnaissant de m'avoir offert la chance de travailler sur des aspects fascinants de la Psycholinguistique Cognitive.

Je remercie tous les enseignants et chercheurs du Laboratoire d'Étude des Mécanismes Cognitifs pour leur chaleureux accueil, les discussions – scientifiques et personnelles – que j'ai pu entretenir avec eux, les enseignements dont j'ai pu bénéficier et l'ambiance de travail très agréable dans laquelle j'ai eu la chance de pouvoir évoluer.

Je remercie et je salue bien évidemment tous les étudiants du Laboratoire d'Étude des Mécanismes Cognitifs avec qui j'ai eu plaisir de partager ces quelques années de « colocation » scientifique mais aussi de partage amical et complice (Luc, Virginie F., Richard, Émilie, Filio, Ali, Élodie, Guillemette, Laëtitia M., Florence, Fix...). À ce titre, j'envoie toute mon estime, mon amitié et de grandes accolades à Benjamin Putois avec qui j'aurai partagé un quart de mon existence. Un quart de vie mémorable, impérissable mais un très bon quart de vie de souvenirs professionnels et personnels, de partage et d'amitié.

J'envoie de grands signes amicaux à toutes celles et tous ceux avec qui j'ai eu la chance et l'immense plaisir de partager l'aventure Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives 2007 car j'en garderai un souvenir fabuleux, tant humainement que scientifiquement, et malgré les aléas, cette expérience aura le mérite de rester dans les mémoires (un grand merci-dédicace à Delphine et Virginie É.).

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes anonymes citées dans ce travail de recherche qui ont participé aux différentes expériences et sans qui je n'aurais jamais pu mener à bien mes recherches. À cette occasion, j'adresse toute ma gratitude aux enseignants qui m'ont accueilli au sein des établissements scolaires et notamment à Madame Thivillon pour qui j'ai une pensée toute particulière. Je remercie enfin tous les personnels hospitaliers qui ont manifesté un intérêt pour mes travaux et m'ont permis de rencontrer tous les enfants dyslexiques. Je remercie particulièrement Madame Catherine

Billard à l'Hôpital du Kremlin-Bicêtre, Madame Sonia Krifi et Monsieur Vania Herbillon à l'Hôpital Debrousse et Madame Evelyne Veuillet à l'Hôpital Edouard Herriot.

Un grand merci à Nathalie Bedoin pour sa très grande gentillesse, ses encouragements, ses conseils et son aide toujours très appréciable.

Je remercie Stéphanie Colin de m'avoir offert l'opportunité de travailler avec elle et d'étendre mes domaines de connaissances et de compétences en Sciences de l'Éducation.

Je remercie Caroline Calmus pour ses conseils, son soutien et son « aide bibliographique » et je lui adresse toute mon admiration pour sa persévérance et sa réussite.

Je remercie et félicite également Delphine pour son courage, sa combativité, sa gentillesse et son amitié, très précieuse. Je lui souhaite beaucoup de réussites futures.

Je remercie Jérôme pour son indéfectible amitié. Je le remercie car il est mon ami, mon meilleur ami et rien que pour ce qu'il représente à mes yeux, il se doit d'avoir une dédicace spéciale dans cette page de remerciements, et dans mon cœur. J'embrasse aussi très fort son épouse Charlotte pour sa gentillesse et sa prévenance et j'embrasse encore plus fort la petite Margaux (2008 sera une année mémorable à bien des égards).

Je remercie ma famille, ma maman, mon papa et ma grand-mère qui ont contribué à ma réussite scolaire et personnelle et qui m'ont toujours soutenu. J'embrasse et je remercie ma maman qui m'a poussé à travailler à l'école, au collège, au lycée et même à l'université. Je la remercie pour tous ses sacrifices qui m'ont permis d'en être là où j'en suis. Je la remercie car ce que je lui dois, c'est tout ce que je suis devenu maintenant.

Je remercie ma belle-famille, composée de bien trop de monde pour saluer chaque personne individuellement, et je leur adresse mes plus sincères remerciements pour tous les bons moments passés, leur gentillesse, leur prévenance et leur soutien.

Merci à Jean-Claude et Françoise pour leur immense gentillesse et générosité, leur présence dans les bons comme dans les mauvais moments. Loin des yeux, près du cœur.

Je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes qui m'ont entouré et encouragé ou qui ont simplement pris des nouvelles, de près comme de loin, pendant toutes ces années. J'envoie toutes mes pensées à Ludovic, Maud, Aurélie, Hugo, Laëtitia M., Laëtitia B., Florence et Ivan, François (alias Zao), Lucie, Cécile, Claude, Lauriane, Marie-Hélène, Marion, Pauline et bien entendu, à toutes celles et tous ceux que je ne peux pas citer.

Mes plus profonds remerciements sont pour Élise, qui par son amour a su être présente dans les bons comme dans les mauvais moments. Elle a su me parler, me remotiver, me soutenir, m'accompagner et me prouver son immense confiance en moi. Grâce à elle, j'ai pu atteindre mes objectifs, finaliser un projet qui me tenait à cœur, bref, j'ai concrétisé mes rêves et pour tout cela, et bien plus encore, je t'embrasse de tout mon cœur.

Après ses très longs remerciements, j'envoie d'ici, sur la terre ferme, un énorme baiser et un clin d'œil, si elle peut me voir de là-haut, à ma grand-mère car j'espère que tu es toujours aussi fière de moi-même si tu n'es pas présente physiquement à mes côtés, je sais que ton amour et ta confiance m'ont toujours accompagné...

Enfin, je tiens à faire mes excuses les plus sincères auprès de toutes les personnes qui ont travaillé de près ou de loin avec moi pour mon très fort penchant au retard, au « remettre à demain ce que j'aurai pu – et du – faire le jour présent », à mes indisponibilités, à mes petits défauts qui peuvent agacer, énerver et, je l'espère parfois plaire. Pour tout ce qui fait que je suis moi, je remercie tout le monde de l'avoir accepté et supporté.

Résumé

L'objectif principal de ce travail de thèse était d'étudier le traitement syllabique et le rôle des caractéristiques linguistiques en français dans une approche développementale (i.e., au CP, CE₂ et CM₂), chez des adultes normo-lecteurs et dans une approche comparative entre des enfants dyslexiques développementaux appariés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques.

Notre démarche était de proposer une validation du statut de la syllabe en lecture silencieuse, dans une langue réputée « rythmée par la syllabe ». En particulier, nous avons cherché à déterminer si la syllabe était une unité phonologique prélexicale pertinente pendant l'apprentissage de la lecture, durablement utilisée par les adultes normo-lecteurs. Nous avons évalué l'impact des fréquences syllabiques et lexicales à l'aide de bases de données adaptées (i.e., Manulex, Lété et al., 2004 ; Manulex-infra, Peereman et al., 2007). Nous avons tenté d'évaluer et de caractériser le niveau de représentations phonologiques chez des enfants dyslexiques. Plus spécifiquement, nous nous sommes intéressés à la place de la syllabe chez des apprentis-lecteurs qui présentent des difficultés dans l'apprentissage des règles de mise en correspondance entre les graphèmes et les phonèmes.

Enfin, dans toutes nos expériences, nous avons étudié le rôle des caractéristiques phonotactiques et acoustico-phonétiques (e.g., profils de sonorité à la frontière syllabique, structures syllabiques...) afin de définir leurs influences respectives sur l'utilisation d'un traitement basé sur l'unité syllabique.

Mots clés : syllabe, dyslexie, phonotactique, sonorité, traitements phonologiques, lecture.

Abstract

This Ph.D. research aimed at studying the syllable processing and the role of the linguistic characteristics in French. We also conducted a developmental approach study (i.e., in first, third and fifth graders), a study in skilled adult readers and we compared dyslexic children with age-matched and lexical-matched control children.

The present research was to confirm the status of syllable-sized unit in silent reading in French which is characterized as a syllable-timed language. We were particularly interested in determining whether the syllable was a relevant prelexical phonological unit during reading acquisition and durably used by skilled readers. We assessed the impact of syllable frequency and word frequency by means of adapted databases (i.e., Manulex, Lété et al., 2004 ; Manulex-infra, Peereman et al., 2007). We tried to assess and to specify the phonological representations level in developmental dyslexic children. We specifically investigated the syllable's status in children with reading disabilities during the grapheme-to-phoneme correspondences learning.

Finally, in every experiment we studied the role of phonotactics and acoustic-phonetic characteristics (e.g., sonority profile within syllabic boundary, syllable structures...) to determine their influences on the resort to a syllable-based processing.

Keywords : syllable, dyslexia, phonotactics, sonority, phonological processing, reading.

Sommaire

<i>Sommaire</i>	<i>i</i>
<i>Index des figures</i>	<i>1</i>
<i>Index des tableaux</i>	<i>3</i>
INTRODUCTION GÉNÉRALE	4
PARTIE I CADRE THÉORIQUE	8
CHAPITRE 1	9
– « LA SYLLABE LINGUISTIQUE » –	9
1. <i>Introduction</i>	9
2. <i>Règles de formation et d'utilisation</i>	9
2.1. Fondements théoriques et principes universaux.....	9
2.1.1. Caractéristiques et structuration	9
2.1.2. Profils de sonorité et consonanticité	11
2.1.3. Sonorité et configuration interne	12
2.2. Principes et contraintes d'utilisation	13
2.2.1. Théories et universaux de syllabification	13
2.2.2. Règles phonotactiques et stratégies de (re-) syllabification.....	15
2.2.3. Spécificités acoustico-phonétiques et accentuation.....	16
3. <i>Conclusion</i>	18
4. <i>Synthèse du Chapitre 1</i>	20
CHAPITRE 2	21
– LE TRAITEMENT SYLLABIQUE CHEZ L'ADULTE –	21
1. <i>Introduction</i>	21
2. <i>État des recherches en perception de parole</i>	21
2.1. Arguments expérimentaux	21
2.2. Stratégies dépendantes des langues ou universelles ?	25
3. <i>État des recherches en production de parole</i>	27
3.1. Arguments expérimentaux	27
3.2. Théorie des <i>schémas</i> vs. théorie des <i>chunks</i>	29
4. <i>État des recherches en reconnaissance visuelle</i>	30
4.1. Arguments expérimentaux	30
4.2. Effets de variables psycholinguistiques.....	34
5. <i>Conclusion</i>	38
6. <i>Synthèse du Chapitre 2</i>	40
CHAPITRE 3	42
– LES MODELES CONNEXIONNISTES DE LA LECTURE –	42
1. <i>Introduction</i>	42
2. <i>Modèles de lecture « à double voie »</i>	42
2.1. Modèle à Double Voie en Cascade	42
2.2. Modèle Connexionniste à Processus Duel+	44
3. <i>Modèles de lecture « en triangle »</i>	46
3.1. Modèle à Traitement Parallèle Distribué.....	46
3.2. Modèle de Lecture à Voix Haute incluant la Phonologie.....	48
3.3. Modèle de l'Attracteur Phonologique	49
3.4. Modèle Connexionniste à Processus Duel	50
3.5. Modèle de Mémoire à Traces Multiples.....	52
4. <i>Natures des traitements de l'écrit</i>	53
5. <i>Conclusion</i>	56

6. Synthèse du Chapitre 3.....	58
CHAPITRE 4.....	60
– LES MODELES D’APPRENTISSAGE DE LA LECTURE –	60
1. Introduction.....	60
2. Modèles développementaux.....	60
2.1. Introduction.....	60
2.2. Modèle « à étapes » (Frith, 1985).....	61
2.3. Conclusion.....	61
3. Modèles interactifs.....	62
3.1. Introduction.....	62
3.2. Modèle « à double fondation » (Seymour, 1990 ; 1997).....	62
3.3. Modèles « analogiques » (Gombert et al., 1997 ; Goswami & Bryant, 1990).....	65
3.3.1. Modèle interactif analogique (Goswami & Bryant, 1990) et son extension (Goswami, 1999).....	65
3.3.2. Modèle de la « machine à lire » (Gombert, 1995) et son extension (Gombert et al., 1997) et les connaissances implicites/explicites (Gombert, 2003).....	66
3.4. Modèle « à activation interactive bimodale » (Colé et al., 1999) et son extension (Colé et al., 2004).....	67
3.5. Conclusion.....	69
4. Conclusion.....	70
5. Synthèse du Chapitre 4.....	71
CHAPITRE 5.....	72
– ÉTAPES DE L’APPRENTISSAGE DE LA LECTURE : UNITES & ROLES DES FACTEURS LINGUISTIQUES –	72
1. Introduction.....	72
2. Médiation phonologique et principe alphabétique.....	72
2.1. Introduction.....	72
2.2. Médiation phonologique et principe alphabétique.....	73
2.3. Conclusion.....	73
3. Conscience et habiletés phonologiques.....	74
3.1. Introduction.....	74
3.2. Conscience phonémique et prédicteurs en lecture.....	74
3.3. Habiletés épi- et métaphonologiques : étude longitudinale en français.....	75
3.4. Rôle de la conscience phonémique : exemple d’étude en anglais.....	76
3.5. Sensibilité précoce aux syllabes : exemple d’étude inter-langue.....	77
3.6. Conclusion.....	77
4. Orthographe, phonologie et unités de lecture.....	78
4.1. Introduction.....	78
4.2. Rôle des correspondances graphie-phonie.....	78
4.3. Exemples d’impact des correspondances phonie-graphie.....	80
4.4. Unités de lecture et contraintes linguistiques.....	81
4.5. Théories des unités phonologiques de lecture.....	83
4.6. Conclusion.....	84
5. De la perception à la lecture : le rôle de la syllabe.....	84
5.1. Introduction.....	84
5.2. Syllabe et perception orale précoce.....	85
5.3. Syllabe et traitements visuels.....	85
5.3.1. Tâche de détection visuelle de cible.....	86
5.3.2. Tâche de jugement d’identité.....	87
5.3.3. Utilisation du paradigme des conjonctions illusoires.....	88
5.3.4. En lecture à voix haute.....	89
5.3.5. Utilisation du paradigme LIP.....	90

5.3.6. En production écrite.....	90
5.4. Conclusion.....	93
6. Conclusion.....	93
7. Synthèse du chapitre 5.....	95
CHAPITRE 6.....	97
– LES DEFICITS COGNITIFS & PHONOLOGIQUES DANS LA DYSLEXIE –	97
1. Introduction	97
2. Dyslexie ou dyslexies, quelles caractéristiques ?.....	97
2.1. Introduction	97
2.2. Formes et déficits des dyslexies développementales.....	98
2.2.1. Dyslexie visuelle (ou visuo-attentionnelle).....	98
2.2.2. Dyslexie de surface	98
2.2.3. Dyslexie phonologique	99
2.2.4. Dyslexie mixte	99
2.2.5. Controverses d'interprétation et de classification des déficits.....	99
2.3. Conclusion.....	101
3. Origines et hypothèses explicatives.....	101
3.1. Génétique et dyslexie	101
3.2. Anomalies neuro-anatomo-fonctionnelles.....	102
3.2.1. Introduction.....	102
3.2.2. Mécanismes cérébraux normaux de la lecture	103
3.2.3. Anomalies morphologiques et fonctionnelles chez les dyslexiques	104
3.2.4. Conclusion	105
3.3. Hypothèse motrice.....	105
3.3.1. Introduction.....	105
3.3.2. Manifestations neurophysiologiques et comportementales.....	106
3.3.3. Conclusion	107
3.4. Hypothèse auditive-temporelle.....	107
3.4.1. Introduction.....	107
3.4.2. Arguments et contre-arguments	107
3.4.3. Variabilités des manifestations auditives déficitaires	109
3.4.4. Conclusion	111
3.5. Hypothèse visuelle	113
3.5.1. Introduction.....	113
3.5.2. Précis neuroanatomique	113
3.5.3. Manifestations neurophysiologiques et comportementales.....	114
3.5.3. Conclusion	115
3.6. Hypothèse visuo-attentionnelle	116
3.6.1. Introduction.....	116
3.6.2. Manifestations neurophysiologiques et comportementales.....	116
3.6.3. Hypothèse de l'empan visuo-attentionnel.....	117
3.6.4. Conclusion	118
3.7. Hypothèse magnocellulaire générale.....	118
3.8. Hypothèse phonologique.....	119
3.8.1. Introduction.....	119
3.8.2. Vers une nature phonologique des déficits cognitifs ?.....	119
3.8.3. Voisement et déficits en perception catégorielle	122
3.8.4. Corrélats neurophysiologiques.....	123
3.8.5. Exemples d'entraînements ciblés en français	124
3.8.6. Conclusion	125
4. Conclusion.....	126
5. Synthèse du chapitre 6.....	128
CHAPITRE 7.....	130

– PROBLEMATIQUE & HYPOTHESES –	130
1. <i>Introduction</i>	130
2. <i>Problématique et objectifs spécifiques</i>	130
2.1. Problématique	130
2.2. Objectifs	131
3. <i>Introduction à la partie expérimentale</i>	131
3.1. Organisation de la partie expérimentale	131
3.2. Présentation des expériences	132
3.2.1. Tâche de détection visuelle de cible à l’initiale de mots	132
3.2.2. Tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots	133
3.2.3. Tâche de détection visuelle de lettre à la frontière syllabique	133
3.2.4. Tâche de décision lexicale	134
3.2.5. Tâche de discrimination auditive de paires minimales	135
3.3. Hypothèses générales	135
4. <i>Conclusion</i>	136
PARTIE II CADRE EXPÉRIMENTAL	137
CHAPITRE 8	138
– APPROCHE DEVELOPPEMENTALE DU TRAITEMENT PHONOLOGIQUE GRAPHO-SYLLABIQUE –	138
1. <i>Approche développementale</i>	138
1.1. Introduction	138
1.2. Rappel de la problématique	138
1.3. Méthode	138
1.3.1. Participants	138
1.3.2. Tests d’homogénéité des populations	139
1.3.3. Stimuli	139
1.3.4. Dispositif expérimental	140
1.3.5. Procédure	140
1.4. Hypothèses générale et opérationnelles	141
1.5. Résultats	142
1.5.1. Introduction	142
1.5.2. Analyse comparative des trois groupes d’enfants	143
1.5.3. Auprès des enfants de CP	144
1.5.4. Auprès des enfants de CE ₂	145
1.5.5. Auprès des enfants de CM ₂	147
1.6. Discussion	148
CHAPITRE 9	153
– TRAITEMENT SYLLABIQUE & ROLE DES TRAITS LINGUISTIQUES CHEZ L’ADULTE –	153
1. <i>Tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots auprès d’adultes normo-lecteurs</i>	153
1.1. Introduction	153
1.2. Rappel de la problématique	153
1.3. Méthode	153
1.3.1. Participants	153
1.3.2. Stimuli	154
1.3.3. Dispositif expérimental	154
1.3.4. Procédure	155
1.4. Hypothèses générale et opérationnelles	156
1.5. Résultats	157
1.5.1. Introduction	157

1.5.2. Analyse de la condition ‘identique’	158
1.5.3. Analyse de la condition ‘délétion’	159
1.6. Discussion	161
2. <i>Tâche d’identification perceptive auprès des adultes normo-lecteurs</i>	164
2.1. Introduction	164
2.2. Rappel de la problématique	164
2.3. Méthode	164
2.3.1. Participants	164
2.3.2. Stimuli	164
2.3.3. Dispositif expérimental	165
2.3.4. Procédure	165
2.4. Hypothèses générale et opérationnelles	167
2.5. Résultats	168
2.5.1. Introduction	168
2.5.2. Analyse comparative des deux conditions expérimentales	169
2.5.3. Analyse spécifique de la condition ‘compatible’	170
2.5.4. Analyse spécifique de la condition ‘incompatible’	171
2.6. Discussion	172

CHAPITRE 10..... 175

– COMPETENCES PHONEMIQUES & TRAITEMENTS PHONOLOGIQUES CHEZ DES ENFANTS DYSLEXIQUES & NORMO-LECTEURS –..... 175

1. <i>Étude comparative auprès d’enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs dans une tâche de discrimination auditive de paires minimales</i>	175
1.1. Introduction	175
1.2. Rappel de la problématique	175
1.3. Méthode.....	176
1.3.1. Participants.....	176
1.3.2. Tests de lecture	176
1.3.3. Stimuli.....	176
1.3.4. Dispositif expérimental	178
1.3.5. Procédure	178
1.4. Hypothèses générale et opérationnelles.....	178
1.5. Résultats	180
1.5.1. Introduction.....	180
1.5.2. Analyse comparative des trois groupes d’enfants	182
1.5.2.1. Calcul du d’ global	182
1.5.2.2. Analyses globales pour les deux conditions	182
1.5.2.3. Analyses globales pour la condition ‘identique’	182
1.5.2.4. Analyses globales pour la condition ‘différent’	184
1.5.3. Analyse indépendante des trois groupes	185
1.5.3.1. Au près des enfants DYSL	185
1.5.3.2. Au près des enfants NLAL	185
1.5.3.3. Au près des enfants NLAC	186
1.6. Discussion	188
2. <i>Étude comparative auprès d’enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs dans une tâche de décision lexicale</i>	195
2.1. Introduction	195
2.2. Rappel de la problématique	195
2.3. Méthode.....	195
2.3.1. Participants.....	195
2.3.2. Tests de lecture	196
2.3.3. Stimuli.....	196
2.3.4. Dispositif expérimental	197

2.3.5. Procédure	197
2.4. Hypothèses générale et opérationnelles.....	198
2.5. Résultats	199
2.5.1. Introduction.....	199
2.5.2. Analyse comparative des trois groupes d'enfants.....	201
2.5.2.1. Calcul du d' global	201
2.5.2.2. Analyses sur les temps de réponse.....	201
2.5.2.3. Analyses sur les erreurs	202
2.5.3. Analyse indépendante des trois groupes	203
2.5.3.1. Analyses chez les enfants DYSL.....	203
2.5.3.2. Analyses chez les enfants NLAL.....	204
2.5.3.3. Analyses chez les enfants NLAC	205
2.6. Discussion	206
CHAPITRE 11.....	214
– TRAITEMENT SYLLABIQUE, CARACTERISTIQUES LINGUISTIQUES & PHONOTACTIQUES CHEZ DES ENFANTS DYSLEXIQUES & NORMO-LECTEURS –..	214
1. <i>Étude comparative auprès d'enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs dans la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots</i>	<i>214</i>
1.1. Introduction	214
1.2. Rappel de la problématique.....	214
1.3. Méthode.....	215
1.3.1. Participants.....	215
1.3.2. Tests de lecture	215
1.3.3. Stimuli.....	215
1.3.4. Dispositif expérimental	216
1.3.5. Procédure	216
1.4. Hypothèses générale et opérationnelles.....	216
1.5. Résultats	217
1.5.1. Introduction.....	217
1.5.2. Analyse comparative des trois groupes d'enfants.....	218
1.5.3. Auprès des enfants DYSL.....	219
1.5.4. Auprès des enfants NLAL.....	221
1.5.5. Auprès des enfants NLAC	222
1.6. Discussion	224
2. <i>Étude comparative auprès d'enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs dans la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots.....</i>	<i>228</i>
2.1. Introduction	228
2.2. Rappel de la problématique.....	228
2.3. Méthode.....	228
2.3.1. Participants.....	228
2.3.2. Tests de lecture	229
2.3.3. Stimuli.....	229
2.3.4. Dispositif expérimental	229
2.3.5. Procédure	229
2.4. Hypothèses générale et opérationnelles.....	229
2.5. Résultats	231
2.5.1. Introduction.....	231
2.5.2. Analyse comparative des trois groupes d'enfants.....	232
2.5.2.1. Condition 'identique'.....	232
2.5.2.2. Condition 'délétion'.....	233
2.5.3. Auprès des enfants DYSL.....	233
2.5.3.1. Condition 'identique'.....	233
2.5.3.2. Condition 'délétion'.....	234

2.5.4. Au près des enfants NLAC	236
2.5.4.1. Condition ‘identique’	236
2.5.4.2. Condition ‘délétion’	237
2.5.5. Au près des enfants NLAL	239
2.5.5.1. Condition ‘identique’	239
2.5.5.2. Condition ‘délétion’	239
2.6. Discussion	241
3. <i>Étude comparative au près d’enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs avec le paradigme des conjonctions illusoires</i>	248
3.1. Introduction	248
3.2. Rappel de la problématique	248
3.3. Méthode	248
3.3.1. Participants	248
3.3.2. Tests de lecture	249
3.3.3. Stimuli	249
3.3.4. Dispositif expérimental	249
3.3.5. Procédure	249
3.4. Hypothèses générale et opérationnelles	249
3.5. Résultats	251
3.5.1. Introduction	251
3.5.2. Analyse comparative des trois groupes d’enfants	252
3.5.2.1. Analyse comparative des deux conditions expérimentales	252
3.5.3. Au près des enfants DYSL	253
3.5.3.1. Analyse des deux conditions expérimentales	253
3.5.3.2. Analyse de la condition ‘compatibilité’	254
3.5.3.3. Analyse de la condition ‘incompatibilité’	255
3.5.4. Au près des enfants NLAL	255
3.5.4.1. Analyse des deux conditions expérimentales	255
3.5.5. Au près des enfants NLAC	256
3.5.5.1. Analyse des deux conditions expérimentales	256
3.5.5.2. Analyse de la condition ‘compatibilité’	256
3.5.5.3. Analyse de la condition ‘incompatibilité’	257
3.6. Discussion	257
DISCUSSION GÉNÉRALE	262
LEXIQUE	275
INDEX DES PRINCIPAUX AUTEURS	277
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	278
ANNEXES	308

Index des figures

<i>FIGURE 1.</i> HIERARCHIE DE LA STRUCTURE INTERNE D'UN MOT BISYLLABIQUE (INSPIRE DE TREIMAN, 1989).....	11
<i>FIGURE 2.</i> HIERARCHIE DE LA SONORITE DES PRINCIPAUX PHONEMES (ADAPTE DE SELKIRK, 1984). .	12
<i>FIGURE 3.</i> EXEMPLE D'UN PATRON DE SONORITE OPTIMAL A LA FRONTIERE SYLLABIQUE (MURRAY & VENNEMANN, 1983) ET DE CONFIGURATIONS SYLLABIQUES INTERNES IDEALES (CLEMENTS, 1990).....	13
<i>FIGURE 4.</i> ARCHITECTURE DU MODELE DE LECTURE DRC, ADAPTE DE COLTHEART ET AL. (2001). ...	44
<i>FIGURE 5.</i> ARCHITECTURE DU MODELE DE LECTURE CDP+ (PERRY ET AL., 2007).	46
<i>FIGURE 6.</i> ARCHITECTURE DU MODELE DE LECTURE PDP ET GRAIN, ADAPTEE DE SEIDENBERG ET MCCLELLAND (1989) ET DE PLAUT ET AL. (1996).	48
<i>FIGURE 7.</i> ARCHITECTURE DU MODELE DE LECTURE MROMP, ADAPTE DE JACOBS ET AL. (1998).	49
<i>FIGURE 8.</i> ARCHITECTURE DU MODELE DE L'ATTRACTEUR PHONOLOGIQUE, ADAPTE DE HARM ET SEIDENBERG (1999).	50
<i>FIGURE 9.</i> ARCHITECTURE DU MODELE DE LECTURE CDP, ADAPTE DE ZORZI ET AL. (1998).	52
<i>FIGURE 10.</i> ARCHITECTURE DU MODELE DE LECTURE MTM, ADAPTE DE ANS ET AL. (1998).....	53
<i>FIGURE 11.</i> ARCHITECTURE DU MODELE A DOUBLE FONDATION, ADAPTE DE SEYMOUR (1997).	63
<i>FIGURE 12.</i> DEVELOPPEMENT DE LA CONSCIENCE LINGUISTIQUE, ADAPTE DE SEYMOUR (1997).....	64
<i>FIGURE 13.</i> ARCHITECTURE DU MODELE A ACTIVATION INTERACTIVE BIMODALE, ADAPTE DE COLE ET AL. (1999 ; 2004).	68
<i>FIGURE 14.</i> TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION MOT*CIBLE EN FONCTION DES CIBLES FREQUENTES (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET DES CIBLES PEU FREQUENTES (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ENFANTS DE CP.	144
<i>FIGURE 15.</i> TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION MOT*CIBLE EN FONCTION DES CIBLES FREQUENTES (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET DES CIBLES PEU FREQUENTES (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ENFANTS DE CE ₂	146
<i>FIGURE 16.</i> TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION MOT*CIBLE EN FONCTION DES CIBLES FREQUENTES (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET DES CIBLES PEU FREQUENTES (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ENFANTS DE CM ₂	147
<i>FIGURE 17.</i> PROTOCOLE EXPERIMENTAL DE LA TACHE DE RECONNAISSANCE BIMODALE AUDIO-VISUELLE DE PSEUDOMOTS.	156
<i>FIGURE 18.</i> TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS) DANS LA CONDITION 'IDENTIQUE' POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE CHEZ LES ADULTES.	159
<i>FIGURE 19.</i> TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS) DANS LA CONDITION 'DELETION' POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE, SPECIFIQUEMENT AVEC LA CONDITION 'DELETION DE L'ATTAQUE' (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET LA CONDITION 'DELETION DE LA CODA' (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ADULTES.....	160
<i>FIGURE 20.</i> PROTOCOLE EXPERIMENTAL DU PARADIGME DES CONJONCTIONS ILLUSOIRES.	167
<i>FIGURE 21.</i> TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE, TOUTES CONDITIONS EXPERIMENTALES CONFONDUES (I.E., COMPATIBILITE ET INCOMPATIBILITE) CHEZ LES ADULTES.	170
<i>FIGURE 22.</i> TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE, POUR LA CONDITION EXPERIMENTALE 'COMPATIBILITE SYLLABE-COULEUR' CHEZ LES ADULTES.	171
<i>FIGURE 23.</i> TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE, POUR LA CONDITION EXPERIMENTALE 'INCOMPATIBILITE SYLLABE-COULEUR' CHEZ LES ADULTES.	172
<i>FIGURE 24.</i> NOMBRE MOYEN D'ERREURS (MAX. 6) POUR L'INTERACTION GROUPE*TYPE DE VOISEMENT, DANS LA CONDITION 'IDENTIQUE', TOUS GROUPES D'ENFANTS CONFONDUS.	184
<i>FIGURE 25.</i> NOMBRE MOYEN D'ERREURS (MAX. 4) POUR LE FACTEUR TYPE D'OPPOSITION, DANS LA CONDITION 'DIFFERENT', CHEZ LES ENFANTS NLAC.	188

<i>FIGURE 26.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) ET NOMBRE MOYEN D'ERREURS (MAX. 10) (ENTRE PARANTHESES) POUR LES QUATRE TYPES D'ITEMS (I.E., MOT, REMPLISSEUR, PSEUDOHOMOPHONE ET PSEUDOMOT), EN FONCTION DES TROIS GROUPES D'ENFANTS.....	201
<i>FIGURE 27.</i> NOMBRE MOYEN D'ERREURS (MAX. 5) POUR L'INTERACTION GROUPE*STRUCTURE DE LA SYLLABE*FREQUENCE, POUR LES ENFANTS DYSL (GRAPHIQUE SUPERIEUR GAUCHE), LES ENFANTS NLAL (GRAPHIQUE SUPERIEUR DROIT) ET LES ENFANTS NLAC (GRAPHIQUE INFERIEUR CENTRE).	203
<i>FIGURE 28.</i> NOMBRE MOYEN D'ERREURS (MAX. 5) POUR L'INTERACTION STRUCTURE DE LA SYLLABE*FREQUENCE, AVEC LES FACTEURS TYPE D'ITEM, STRUCTURE DE LA SYLLABE ET FREQUENCE, CHEZ LES ENFANTS NLAL.....	205
<i>FIGURE 29.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION MOT*CIBLE EN FONCTION DES CIBLES FREQUENTES (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET DES CIBLES PEU FREQUENTES (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ENFANTS DYSL.	220
<i>FIGURE 30.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION MOT*CIBLE EN FONCTION DES CIBLES FREQUENTES (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET DES CIBLES PEU FREQUENTES (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ENFANTS NLAL.	221
<i>FIGURE 31.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION MOT*CIBLE EN FONCTION DES CIBLES FREQUENTES (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET DES CIBLES PEU FREQUENTES (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ENFANTS NLAC.....	223
<i>FIGURE 32.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) DANS LA CONDITION 'IDENTIQUE' POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE CHEZ LES ENFANTS DYSL.	234
<i>FIGURE 33.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) DANS LA CONDITION 'DELETION' POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE EN FONCTION DE LA 'DELETION DE LA CODA' (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET DE LA 'DELETION DE L'ATTAQUE' (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ENFANTS DYSL.	235
<i>FIGURE 34.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) DANS LA CONDITION 'IDENTIQUE' POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE CHEZ LES ENFANTS NLAC.	237
<i>FIGURE 35.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) DANS LA CONDITION 'DELETION' POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE EN FONCTION DE LA 'DELETION DE LA CODA' (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET DE LA 'DELETION DE L'ATTAQUE' (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ENFANTS NLAC.....	238
<i>FIGURE 36.</i> NOMBRE D'ERREURS MOYEN (MAX.12) DANS LA CONDITION 'IDENTIQUE' POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE CHEZ LES ENFANTS NLAL.	239
<i>FIGURE 37.</i> NOMBRE D'ERREURS MOYEN (MAX. 6) DANS LA CONDITION 'DELETION' POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE EN FONCTION DE LA 'DELETION DE LA CODA' (GRAPHIQUE SUPERIEUR) ET DE LA 'DELETION DE L'ATTAQUE' (GRAPHIQUE INFERIEUR) CHEZ LES ENFANTS NLAL.....	240
<i>FIGURE 38.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE, TOUTES CONDITIONS CONFONDUES, POUR LES TROIS GROUPES D'ENFANTS (I.E., NLAC, NLAL ET DYSL).	253
<i>FIGURE 39.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE DANS LA CONDITION EXPERIMENTALE 'COMPATIBILITE SYLLABE-COULEUR' CHEZ LES ENFANTS DYSL.....	254
<i>FIGURE 40.</i> NOMBRE MOYEN D'ERREURS (MAX. 6) POUR L'INTERACTION RECOUVREMENT*TYPE DE DETECTION, TOUTES CONDITIONS CONFONDUES, CHEZ LES ENFANTS NLAL.....	255
<i>FIGURE 41.</i> TEMPS DE REPOSE MOYENS (EN MS) POUR L'INTERACTION SONORITE DE LA CODA*SONORITE DE L'ATTAQUE DANS LA CONDITION EXPERIMENTALE 'COMPATIBILITE SYLLABE-COULEUR' CHEZ LES ENFANTS NLAC.	257

Index des tableaux

<i>TABLEAU 1.</i> EXEMPLES DE L'ENSEMBLE DES CONDITIONS EXPERIMENTALES POUR LA TACHE DE DETECTION VISUELLE DE CIBLE A L'INITIALE DE MOTS.	140
<i>TABLEAU 2.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF DES TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS), DE L'ERREUR STANDARD (ENTRE PARENTHESES) ET DU POURCENTAGE D'ERREUR DE CHAQUE CONDITION EXPERIMENTALE POUR LES ENFANTS DE CP, CE ₂ ET CM ₂	143
<i>TABLEAU 3.</i> EXEMPLES DE L'ENSEMBLE DES CONDITIONS EXPERIMENTALES POUR LA TACHE DE RECONNAISSANCE BIMODALE AUDIO-VISUELLE DE PSEUDOMOTS.	154
<i>TABLEAU 4.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF DE LA CONDITION 'DELETION'.	158
<i>TABLEAU 5.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF DE LA CONDITION 'IDENTIQUE'.	158
<i>TABLEAU 6.</i> EXEMPLES DE L'ENSEMBLE DES CONDITIONS EXPERIMENTALES POUR LE PARADIGME DES CONJONCTIONS ILLUSOIRES.	165
<i>TABLEAU 7.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF POUR LA CONDITION 'COMPATIBILITE SYLLABE-COULEUR'.	168
<i>TABLEAU 8.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF POUR LA CONDITION 'INCOMPATIBILITE SYLLABE-COULEUR'.	169
<i>TABLEAU 9.</i> CARACTERISTIQUES DES TROIS POPULATIONS D'ENFANTS POUR LA TACHE DE DISCRIMINATION AUDITIVE DE PAIRES MINIMALES.	176
<i>TABLEAU 10.</i> EXEMPLES DE L'ENSEMBLE DES CONDITIONS EXPERIMENTALES POUR LA TACHE DE DISCRIMINATION AUDITIVE DE PAIRES MINIMALES.	177
<i>TABLEAU 11.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF DES TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS), DE L'ERREUR STANDARD (ENTRE PARENTHESES) ET DU POURCENTAGE D'ERREUR DE CHAQUE CONDITION EXPERIMENTALE POUR LES ENFANTS NLAL, NLAC ET DYSL.	181
<i>TABLEAU 12.</i> CARACTERISTIQUES DES TROIS POPULATIONS D'ENFANTS POUR LA TACHE DE DECISION LEXICALE.	196
<i>TABLEAU 13.</i> EXEMPLES DE L'ENSEMBLE DES CONDITIONS EXPERIMENTALES POUR LA TACHE DE DECISION LEXICALE.	197
<i>TABLEAU 14.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF DES TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS), DE L'ERREUR STANDARD (ENTRE PARENTHESES) ET DU POURCENTAGE D'ERREUR DE CHAQUE CONDITION EXPERIMENTALE POUR LES ENFANTS NLAL, NLAC ET DYSL.	200
<i>TABLEAU 15.</i> CARACTERISTIQUES DES TROIS POPULATIONS D'ENFANTS POUR LA TACHE DE DETECTION VISUELLE DE CIBLE A L'INITIALE DE MOTS.	215
<i>TABLEAU 16.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF DES TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS), DE L'ERREUR STANDARD (ENTRE PARENTHESES) ET DU POURCENTAGE D'ERREUR DE CHAQUE CONDITION EXPERIMENTALE POUR LES ENFANTS DE NLAL, NLAC ET DYSL.	218
<i>TABLEAU 17.</i> CARACTERISTIQUES DES TROIS POPULATIONS D'ENFANTS POUR LA TACHE DE RECONNAISSANCE BIMODALE AUDIO-VISUELLE DE PSEUDOMOTS.	229
<i>TABLEAU 18.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF DE LA CONDITION 'DELETION' AVEC LES TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS), L'ERREUR STANDARD (ENTRE PARENTHESES) ET LE POURCENTAGE D'ERREUR POUR LES ENFANTS DE NLAC, NLAL ET DYSL.	231
<i>TABLEAU 19.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF DE LA CONDITION 'IDENTIQUE' AVEC LES TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS), L'ERREUR STANDARD (ENTRE PARENTHESES) ET LE POURCENTAGE D'ERREUR POUR LES ENFANTS DE NLAC, NLAL ET DYSL.	232
<i>TABLEAU 20.</i> CARACTERISTIQUES DES TROIS POPULATIONS D'ENFANTS POUR LE PARADIGME DES CONJONCTIONS ILLUSOIRES.	249
<i>TABLEAU 21.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF POUR LA CONDITION 'COMPATIBILITE SYLLABE-COULEUR' AVEC LES TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS), L'ERREUR STANDARD (ENTRE PARENTHESES) ET LE POURCENTAGE D'ERREUR POUR LES ENFANTS DE NLAC, NLAL ET DYSL.	251
<i>TABLEAU 22.</i> RECAPITULATIF DESCRIPTIF POUR LA CONDITION 'INCOMPATIBILITE SYLLABE-COULEUR' AVEC LES TEMPS DE REPONSE MOYENS (EN MS), L'ERREUR STANDARD (ENTRE PARENTHESES) ET LE POURCENTAGE D'ERREUR POUR LES ENFANTS DE NLAC, NLAL ET DYSL.	252

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'apprentissage de la lecture est une étape fondamentale dans le développement cognitif de l'enfant. L'enseignement de la lecture – et de l'écriture – est dispensé à l'école, généralement à partir de l'entrée au Cours Préparatoire (CP). L'objectif de l'apprentissage de la lecture est de rendre cette activité cognitive automatique et de permettre à l'enfant « *d'élaborer progressivement des connaissances explicites qu'il pourra utiliser intentionnellement pour compléter ou contrôler le produit des traitements automatiques* ». Toutefois, apprendre à lire n'est pas une activité simple. Apprendre à lire nécessite le développement d'un certain nombre d'habiletés et la mise en place de procédures de traitements capables de traiter les différents aspects du langage écrit. Cet apprentissage apparaît être contraint par différents aspects cognitifs (e.g., la mémoire, l'audition, la vision, l'attention...) mais également par différentes contraintes propres à chaque langue. Comme l'ont dernièrement rappelé Ziegler et Goswami (2005), la vitesse de l'apprentissage de la lecture serait dépendante des caractéristiques inhérentes de la langue. D'ailleurs, les caractéristiques linguistiques moduleraient la taille des unités de lecture.

Alors que de nos jours, le développement et le recours à la médiation phonologique sont reconnus comme une étape fondamentale de l'apprentissage de la lecture, la taille des représentations phonologiques demeure un point de débat. Si en anglais, la rime semble être une unité fonctionnelle rapidement utilisée par les enfants, la syllabe pourrait être l'unité représentative du français. L'importance de la syllabe tient en trois arguments. D'une part, avant d'avoir appris explicitement les règles de conversion des lettres en sons, les enfants ont élaboré un ensemble de connaissances implicites sur les syllabes, développé grâce aux premiers contacts avec le langage oral. D'autre part, le français dispose de caractéristiques linguistiques particulièrement favorables à la segmentation syllabique (e.g., la complexité syllabique, le nombre de mots polysyllabiques...). Enfin, quelques « rares » études menées en français – et non en anglais à partir desquelles les résultats sont généralement transposés à d'autres langues – commencent à apporter des éléments de réponse en faveur d'un rôle précoce, majeur et durable de la syllabe pendant l'apprentissage de la lecture. Or, les données actuelles demeurent trop peu répandues et peu d'équipes ont concentré leurs recherches sur l'étude du rôle de la syllabe et des caractéristiques linguistiques du français au cours de l'apprentissage de la lecture.

Cependant, malgré cet apprentissage de la lecture obligatoire à l'école, certains enfants demeurent incapables d'intégrer convenablement les principes de lecture et ne progressent que très péniblement et/ou très lentement. Dans cette population d'enfants en difficulté existent des enfants dyslexiques développementaux qui, en dépit de conditions favorables, ne parviennent pas à acquérir le niveau de lecture attendu. Si les travaux menés sur la dyslexie développementale sont conséquents (voir le rapport de l'INSERM, 2007) et que les troubles cognitifs observés chez ces enfants sont de plus en plus attribués à un désordre de nature phonologique, optionnellement

accompagné de troubles sensori-moteurs (Ramus, 2003), peu de recherches se sont attardées sur le statut de la syllabe dans les compétences de traitement de l'écrit chez ces enfants. Si l'hypothèse d'un déficit phonologique central et récurrent est une caractéristique des enfants dyslexiques (Snowling, 2001), quelle est sa nature ? Qu'en est-il des représentations phonologiques ? Telles sont les questions qui restent en suspens, sept ans après que ces questions aient été formulées par Ramus (2001). Parallèlement, l'implication des traits linguistiques propres au français n'a qu'exceptionnellement fait l'objet d'études (e.g., Fabre & Bedoin, 2003).

Notre étude propose d'étudier le rôle de la syllabe et de certaines caractéristiques linguistiques dans les traitements de l'écrit auprès d'enfants normo-lecteurs, d'enfants dyslexiques développementaux et d'adultes normo-lecteurs. Plus particulièrement, nous tentons de déterminer si la syllabe est une unité phonologique fonctionnelle en français, rapidement disponible chez les apprentis-lecteurs et durablement utilisée chez les adultes lecteurs habiles. Nous cherchons à déterminer si la syllabe est une unité accessible par des enfants dyslexiques qui présentent des troubles phonologiques pour lesquels nous allons au préalable évaluer le niveau des représentations phonologiques. Enfin, nous nous attachons à savoir si l'utilisation de la syllabe est modulée par la fréquence syllabique et/ou les caractéristiques phonotactiques et/ou acoustico-phonétiques.

Ce présent travail de recherche comporte deux grandes parties : une première partie théorique et une deuxième partie expérimentale. Dans la partie théorique, nous proposons d'évoluer au travers de six chapitres qui concernent une revue de la littérature des domaines qui nous ont directement guidés dans notre démarche. Chaque chapitre théorique est immédiatement suivi d'une synthèse des points importants abordés. Un septième chapitre expose notre problématique et nos hypothèses et introduit les expériences que nous utilisons ainsi que les populations concernées. Dans la partie expérimentale, nous découpons en deux grandes sections notre démarche. Dans la première section, nous abordons deux chapitres. Dans la deuxième section, nous partageons notre recherche en cinq autres chapitres.

Le premier chapitre est une présentation des concepts et des théories qui régissent la définition et l'utilisation de la syllabe. Le second chapitre s'attache à faire un état des lieux des données expérimentales issues de diverses langues, dans toutes les modalités perceptives qui attestent d'une implication de la syllabe dans les traitements des adultes. Le troisième chapitre fait la synthèse des modèles connexionnistes de la lecture experte, de leurs fonctionnements et de leur pertinence. Le quatrième chapitre offre une vue d'ensemble des modèles cognitivistes de l'apprentissage de la lecture et du rôle des connaissances implicites. Le cinquième chapitre

effectue une rétrospective des étapes et des compétences de l'apprentissage de la lecture ainsi qu'une présentation de l'importance des caractéristiques de la langue comme la transparence des correspondances entre les graphèmes et les phonèmes avant de présenter des arguments expérimentaux en faveur de la syllabe. Le chapitre six décrit les différentes théories explicatives de la dyslexie avec un focus particulier sur les troubles phonologiques. Enfin, la partie théorique s'achève avec le chapitre sept.

Dans la première section, le chapitre huit concerne le pré-test d'une première expérience menée selon une approche développementale auprès d'enfants de CP, CE₂ et CM₂ à l'aide d'une tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots pour tester l'effet de compatibilité syllabique censé refléter le recours à une procédure phonologique grapho-syllabique et pour dessiner une trajectoire développementale dans le recours aux unités de lecture. Nous avons innové en proposant l'étude de la fréquence syllabique et de la fréquence lexicale à l'aide de bases de données adaptées (i.e., Manulex, Lété, Sprenger-Charolles & Colé ; Manulex-infra, Peereman, Lété & Sprenger-Charolles, 2007). Le chapitre neuf présente deux expériences (tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots et tâche d'identification perceptive inspirée du paradigme des conjonctions illusoires) pré-testées auprès d'adultes normo-lecteurs dans le but d'évaluer l'impact des règles phonotactiques, du statut des consonnes intervocaliques et de la sonorité à la frontière syllabique sur le format de l'unité phonologique sollicitée. À partir de la seconde section, le chapitre dix regroupe deux expériences (tâche de discrimination auditive de paires minimales et tâche de décision lexicale) proposées à des enfants dyslexiques développementaux comparés à des enfants de mêmes âges chronologiques et lexiques dans le but d'évaluer le niveau de leurs représentations phonologiques et phonémiques. Enfin, le chapitre onze reprend les trois expériences pré-testées dans la section A afin d'étudier les traitements phonologiques, le statut de la syllabe et des caractéristiques linguistiques du français chez des enfants dyslexiques développementaux comparativement à des enfants normo-lecteurs également appariés en âges chronologiques et lexiques.

Enfin, cette thèse s'achève par une discussion générale de l'ensemble de nos résultats au cours de laquelle nous essayons de montrer la contribution de nos données dans le domaine de la recherche sur l'apprentissage de la lecture et de ses troubles tels que la dyslexie développementale, du rôle de la syllabe et des caractéristiques linguistiques en lecture silencieuse en français. Nous concluons en abordant des perspectives ultérieures de recherche issues de nos travaux.

PARTIE I

CADRE THÉORIQUE

CHAPITRE 1

– « La syllabe linguistique » –

1. Introduction

La syllabe appartient depuis plus de quarante ans (e.g., Delattre, 1965) aux unités linguistiques les plus étudiées en psychologie. Pourtant, bien que les théories linguistiques des années 70 (e.g., Hooper, 1972 ; Pulgram, 1970) aient reconnu son importance en phonologie, recherches et approches se poursuivent afin de déterminer la manière dont sont représentées et utilisées les unités syllabiques. Malgré les nombreuses études menées au travers des langues, il subsiste toujours d'importantes controverses quant aux spécificités des syllabes.

Actuellement, les débats ne sont pas clos et aucun véritable consensus n'a pu émerger. Il existe toutefois des points de vue théoriques dominants argumentés par certains éléments expérimentaux sur lesquels nous allons nous appuyer. Il se révèle avant tout nécessaire, pour appréhender le débat sur le statut de la syllabe en français, de comprendre ce qu'est une syllabe d'un point de vue linguistique.

2. Règles de formation et d'utilisation

2.1. Fondements théoriques et principes universaux

2.1.1. Caractéristiques et structuration

Une syllabe peut être considérée comme une unité linguistique articulatoire autonome, intermédiaire entre le mot et le *phonème* (i.e., unité minimale de son, distinctive, non significative et interchangeable), produite d'une seule émission de voix. On dit alors qu'il s'agit d'une *unité infralexicale large* puisqu'elle correspond à l'élément le plus *grand* de décomposition du mot. Pourtant, la syllabe ne se réduit pas à une chaîne linéaire de graphèmes ou de phonèmes sans structure interne complexe et organisée (e.g., Hooper, 1972 ; Pulgram, 1970), mais doit être décrite comme un ensemble hiérarchiquement structuré dont les plus petits constituants phonologiques sont les phonèmes et orthographiques, les graphèmes.

Alors qu'un certain nombre de théories s'oppose quant à l'existence de sous-composants syllabiques (Clements & Keyser, 1983), les conceptions actuelles défendent le point de vue selon lequel la syllabe comporterait des subdivisions hiérarchisées en segments de plus en plus fins,

allants du niveau de l'*attaque-rime*, cette dernière elle-même décomposable en *noyau-coda* (e.g., Blevins, 1995, pour une synthèse ; Fudge, 1987 ; Goldsmith, 1990 ; Selkirk, 1982 ; Treiman, 1986 ; Treiman, 1989), jusqu'au phonème. Dans cette conception arborescente (Figure 1), l'*attaque* se définit comme une consonne ou un groupement de consonnes (i.e., *cluster consonantique*) précédant le *pic vocalique*. Le *pic vocalique*, ou *noyau*, représente l'élément indispensable le plus sonore du segment syllabique, c'est-à-dire une voyelle. La *rime* englobe le noyau ainsi que les éventuels éléments le suivant, tels que la *coda*. Enfin, la *coda* correspond à une consonne ou un groupement de consonnes suivant la voyelle.

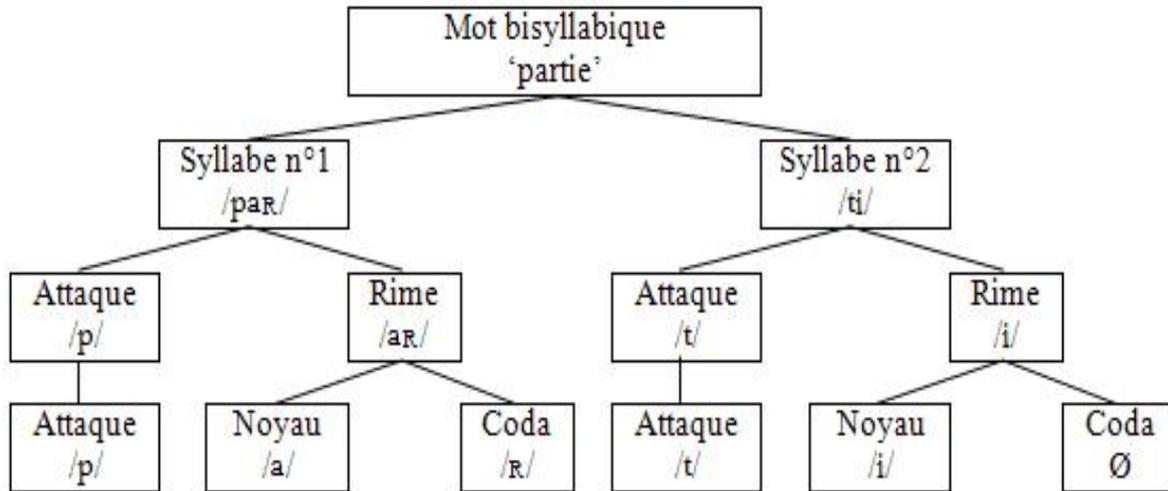
Toutefois, Berg (1989) propose une subdivision intermédiaire entre le mot et le niveau attaque-rime pour les mots plurisyllabiques en tenant compte du positionnement de l'accentuation. Chaque syllabe ne suivrait pas le découpage proposé par Treiman (1989). Le niveau supplémentaire décrit correspondrait à une *superrime*. Il s'agit d'une unité qui englobe tout ce qui suit une attaque accentuée dans un mot. Par exemple, le mot anglais *rocket* serait constitué d'une attaque /r/ et d'une superrime /ɔkɛt/, cette dernière pouvant être également décomposée en une rime /ɔ/ et une syllabe /kɛt/. Enfin, la syllabe se découperait elle-même en une attaque /k/ et une rime /ɛt/. Berg (1989) précise que dans un mot plurisyllabique dans lequel l'attaque initiale serait non accentuée, la syllabe serait traitée séparément comme un *appendice phonologique* suivant un découpage attaque-rime. La superrime contiendrait alors tout ce qui suivrait l'attaque de la syllabe accentuée.

Par ailleurs, Clements (1990) affine ces décompositions de la syllabe en considérant que certains constituants sont obligatoires, d'autres, facultatifs. Il propose que la syllabe puisse être définie par un pic vocalique pouvant ou non être entouré de bords (i.e., attaque et/ou coda). Une syllabe ne comportant pas de coda est dite *syllabe ouverte* (e.g., CV) tandis qu'une syllabe se composant d'une coda est dite *syllabe fermée* (e.g., CVC).

Cependant, il faut comprendre que toute syllabe est une déclinaison, par addition ou suppression d'éléments, d'un même prototype syllabique, à savoir, la syllabe CV (i.e., consonne-voyelle). Il s'agit effectivement du format syllabique universel le plus simple et le plus fréquent dont le profil de sonorité est optimal (Clements, 1990). La notion de constituants obligatoires ou facultatifs découle des données issues de l'étude des langues du monde (Clements & Keyser, 1983). En d'autres termes, le noyau, et par là même la rime, est un constituant obligatoire puisque toute syllabe comporte impérativement au moins ce segment syllabique. En revanche, l'attaque, même universellement obligatoire (i.e., aucune langue n'est privée de syllabe CV, ce qui légitime son caractère obligatoire ; Encrevé, 1988 ; Kaye & Lowenstamm, 1984), est syllabiquement facultative puisque certaines langues recensent des syllabes de type VC. Enfin, la coda est

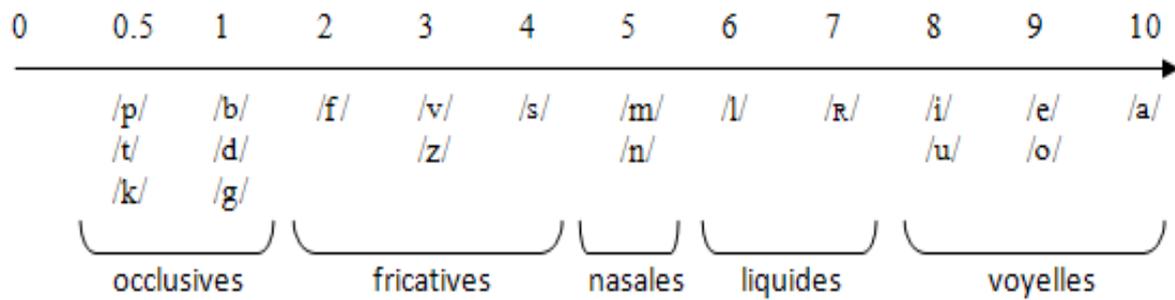
universellement et syllabiquement optionnelle puisque certaines langues peuvent n'avoir, par exemple, que des syllabes de type CV ou CCV.

Figure 1. Hiérarchie de la structure interne d'un mot bisyllabique (inspiré de Treiman, 1989).



2.1.2. Profils de sonorité et consonanticité

Selkirk (1982) propose d'expliciter le principe de séparation en attaque et rime par le fait qu'il doit exister une plus grande cohésion entre les éléments constitutifs de la rime (i.e., noyau et coda) qu'entre ceux appartenant à l'attaque. En effet, la distinction entre attaque et rime est légitimée par un patron de sonorité dans la configuration syllabique dans lequel les segments s'agencent selon une courbe croissante de sonorité (i.e., l'attaque) jusqu'au noyau puis vers une chute de sonorité (i.e., la rime). Pour Klein (1993), l'attaque serait soumise au principe de *consonanticité* alors que la rime reposerait sur celui de *sonorité* ; l'élément le plus consonantique et l'élément le plus sonore constituant respectivement l'attaque et la rime. L'*échelle de sonorité* peut se définir selon deux plans ; l'un acoustico-phonétique (Price, 1980), l'autre articulo-phonétique. D'un point de vue acoustico-phonétique, il s'agit de prendre en compte l'intensité acoustique approximative d'un phonème pour le caractériser. Par exemple, une voyelle dégagera beaucoup plus d'énergie qu'une consonne. Sur un plan articulo-phonétique, Selkirk (1984) propose que la sonorité d'un phonème soit fonction du degré d'ouverture du tractus vocal (Figure 2). Dans les deux approches, les voyelles sont considérées comme les phonèmes les plus sonores, suivies, globalement, par les liquides, les nasales, puis les fricatives et enfin les occlusives. En revanche, l'échelle de *consonanticité* n'est autre qu'une alternative inverse de la sonorité, les éléments les plus consonantiques étant les consonnes et les moins consonantiques, les voyelles (Klein, 1993).

Figure 2. Hiérarchie de la sonorité des principaux phonèmes (adapté de Selkirk, 1984).

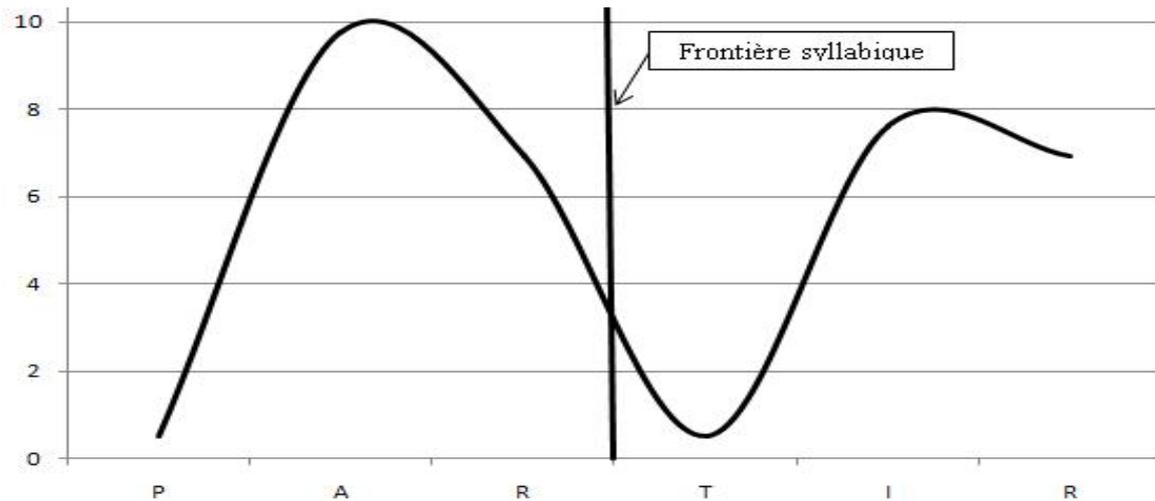
2.1.3. Sonorité et configuration interne

Il existe pour certaines unités infrasyllabiques un statut phonologique privilégié (i.e., attaque ou coda). Par exemple, les consonnes peu sonores sont fréquentes en attaques, mais rares en coda (Blevins, 1995). Des données statistiques issues de recherches en français soulignent que, dans les structures bisyllabiques de type CVC.CVC (e.g., PAR.TIR), les consonnes à faible sonorité sont plus fréquentes en attaque qu'en coda (76.4% des mots CVC.CVC ont une coda sonore) et inversement pour les consonnes à forte sonorité (Content, Mousty & Radeau, 1990). D'après les travaux de Clements (1990), la syllabe préférée au travers des langues montre un profil de sonorité qui croît maximale vers le pic vocalique et décroît faiblement sur la fin. Une syllabe sera d'autant plus complexe qu'elle diffère de ce profil de sonorité. Il s'agit là d'une hiérarchie de complexité syllabique basée sur le profil de sonorité. La sonorité contraindrait ainsi les structures syllabiques (Zec, 1995). De même, les frontières syllabiques sont plus ou moins complexes selon le profil de sonorité des segments intervocaliques (Hooper, 1972 ; Pulgram, 1970 ; Selkirk, 1982); le contact optimal entre deux syllabes consécutives suit un faible accroissement de sonorité en fin de première syllabe et une forte augmentation en début de seconde (Clements, 1990 ; Vennemann, 1988). Selon la loi de *Contact Syllabique Optimal* (i.e., *Syllable Contact Law*, Hooper, 1972 ; Murray & Vennemann, 1983 ; Vennemann, 1988), l'enchaînement le plus simple et le plus fréquent dans les langues est caractérisé par une fin de syllabe plus haute en sonorité que le début de la seconde syllabe. C'est en ce sens que Murray et Vennemann (1983) proposent un patron performant où le premier segment surclasse le second en termes de sonorité (Figure 3).

Certaines données issues de la psycholinguistique montrent que la sonorité de la consonne postvocalique diminue la netteté de la frontière entre le noyau et la coda et augmente la cohésion de cette consonne avec la voyelle précédente (Treiman & Danis, 1988 ; Treiman, Zukowski & Richmond-Welty, 1995a). Alors que la séparation en attaque-rime en anglais semble claire (e.g., Kessler & Treiman, 1997 ; Treiman, 1989 ; Treiman & Chafetz, 1987 ; Treiman & Kessler, 1995), la distinction entre noyau et coda est parfois plus difficile, car elle dépend du statut de la consonne

finale : par exemple, les codas liquides sont plus difficilement dissociables de la voyelle (i.e., ce phénomène repose sur une plus grande cohésion due à la proximité du rang de sonorité entre le noyau et la coda). Ces constats rejoignent la conception de Clements (1990) pour lequel une coda optimum doit être proche en sonorité de la voyelle précédente tandis qu'une attaque optimum doit progressivement monter en sonorité vers la voyelle (Figure 3).

Figure 3. Exemple d'un patron de sonorité optimal à la frontière syllabique (Murray & Vennemann, 1983) et de configurations syllabiques internes idéales (Clements, 1990).



2.2. Principes et contraintes d'utilisation

2.2.1. Théories et universaux de syllabification

Pour Goldsmith (1990), la syllabification est un processus consistant à associer une chaîne linéaire de phonèmes pour obtenir une structure syllabique. La syllabification (aussi appelée syllabation) est le procédé qui va notamment permettre de segmenter un mot en syllabes, quelle que soit la configuration du cluster intervocalique à la frontière syllabique. Toutefois, la syllabification va être dépendante d'un ensemble de caractéristiques inhérentes à la langue et aux phonèmes de la langue (e.g., échelle de sonorité, *règles phonotactiques*...).

Pour Clements (1990), le locuteur tend à une syllabification préférentielle en séquence CV (i.e., *core syllable*) sur la base du *Sonority Sequencing Principle* (i.e., *Principe du Cycle de Sonorité*), c'est-à-dire sur la base du profil de sonorité idéal qui stipule une sonorité maximale croissante en début de syllabe et minimalement décroissante en fin. À partir de cette configuration naturelle et peu contraignante, le locuteur va allouer ou non des consonnes pré- et postvocaliques en fonction du degré de similitude pouvant être obtenu avec la structure basique CV (qui représente, en français, approximativement 55% des structures syllabiques inventoriées ; Wioland, 1985). Une syllabe sera donc complexe à partir du moment où elle

diffèrera du prototype CV, conformément à l'échelle de complexité syllabique classiquement admise (i.e., CV, V, CCV, CVC, VC... ; Kaye & Lowenstamm, 1984 ; Clements, 1990).

C'est dans un même contexte de génération de syllabe ouverte CV que des auteurs comme Hooper (1972) vont proposer des principes universels tels que le *Principe d'Attaque Obligatoire* (i.e., *Obligatory Onset Principle*) alors que d'autres (Pulgram, 1970 ; Selkirk, 1982 ; pour une revue, Spencer, 1996) vont défendre le *Principe d'Attaque Maximale* (i.e., *Maximum Onset Principle*) pour effectuer un traitement efficace des groupements intervocaliques. Contrairement au profil de sonorité, le Principe d'Attaque Obligatoire et le Principe d'Attaque Maximale peuvent s'appliquer indépendamment des caractéristiques acoustico-phonétiques des phonèmes. En français, la localisation des frontières syllabiques s'effectue sur la base du Principe d'Attaque Maximale (Spencer, 1996). Mais le Principe d'Attaque Obligatoire et le Principe d'Attaque Maximale ne sont pas diamétralement opposés, bien au contraire, le second fournit un complément d'informations plus contraignant que le premier sur le découpage et sur la localisation de la frontière syllabique. En effet, le Principe d'Attaque Obligatoire proposé par Hooper (1972) régit la syllabification de telle sorte que dans une séquence CVCVC, le découpage s'effectuera ainsi CV.CVC, car, conformément à la règle prônée par ce principe, toute syllabe se doit d'avoir une attaque (en d'autres termes, le principe général veut que la formation de l'attaque prévale sur la constitution de la coda).

Cependant, la distinction apportée par le Principe d'Attaque Maximale repose sur le nombre maximal de consonnes à placer en position d'attaque. En effet, en se fondant sur le Principe d'Attaque Obligatoire, la segmentation d'un groupement de consonnes intervocaliques dans une séquence CVCCV s'effectuerait en CVC.CV. Mais ce principe ne statue pas de manière claire sur l'affiliation de la seconde consonne en tant que coda de la première syllabe (i.e., CVC.CV) ou en tant qu'attaque complexe de la seconde syllabe (i.e., CV.CCVC) puisqu'en français, au moins, les deux découpages syllabiques existent. Alors que le Principe d'Attaque Obligatoire montre ses limites dans l'attribution des consonnes en position de coda ou d'attaque syllabique, le Principe d'Attaque Maximale établit une règle fournissant des informations supplémentaires corrigeant cette insuffisance, à savoir, insérer un nombre maximal de consonnes en position d'attaque.

Par exemple, pour une structure dont le cluster intervocalique comporterait un grand nombre de consonnes (e.g., CVC₀C₁C₂V), le Principe d'Attaque Maximale contraint que le maximum de ces consonnes soit positionné en attaque syllabique (i.e., CV.C₀C₁C₂V). Toutefois, cette méthode ne s'avère efficace que tant qu'elle ne transgresse pas les *contraintes phonotactiques* du français. En effet, si une suite de phonèmes constitue un groupement consonantique illégal, alors la séquence sera découpée conformément aux *règles phonotactiques*

de la langue donnée. Cela amène à considérer que pour la situation $CVC_0C_1C_2V$, si l'une des associations $C_0C_1C_2$ est phonotactiquement illégale (e.g., C_1C_2) alors la segmentation s'effectuera en $CVC_0C_1.C_2V$. Contrairement au Principe d'Attaque Obligatoire, assez limité, le Principe d'Attaque Maximale est une technique beaucoup plus méthodique et contraignante de découpage syllabique.

Selon certaines théories comme la *Théorie de l'Optimalité* (i.e., *Optimality Theory*, Tesar, 1995 ; Durand & Laks, 2002), ces principes seraient universels, mais hiérarchisés. Ce n'est que leur ordre de priorité qui varierait. Cela signifierait qu'ils pourraient être transgressés uniquement pour satisfaire un ensemble de contraintes ordonnées (incluant les contraintes phonotactiques) en fonction de critères propres à chaque langue afin de fournir des structures syllabiques *idéales*, utiles pour l'acquisition de certaines langues (e.g., Levelt, Schiller & Levelt, 2000).

2.2.2. Règles phonotactiques et stratégies de (re-) syllabification

Il est clair que toutes les structures syllabiques ne sont pas prédictibles, que ce soit à partir du Principe d'Attaque Obligatoire ou du Principe d'Attaque Maximale. Le processus de syllabification ne peut donc pas se contenter exclusivement de ces principes. Il faut nécessairement qu'un certain nombre de critères supplémentaires soit intégré lors de la syllabification afin que celle-ci satisfasse aux conditions idéales de formation des mots d'une langue spécifique. Ces critères linguistiques correspondent à des principes généraux qui instaurent des régularités systématiques et des *restrictions phonotactiques* propres à la langue. Ces caractéristiques vont ainsi permettre d'ajuster l'utilisation des principes universels (e.g., Blevins, 2004 ; Meynadier, 2001, pour plus de détails).

On parle de restrictions phonotactiques ou encore de contraintes phonotactiques qui sont des règles auxquelles on fait appel lorsque l'on évoque des configurations de segments phonémiques ne pouvant pas apparaître dans une position spécifique parce qu'elles ne répondent plus aux exigences combinatoires et articulatoires de la langue. Ainsi en français, le segment *xt* dans le mot *mixture* est phonotactiquement illicite. En effet, dans le cas présent, à partir du moment où cette séquence ne pourrait pas apparaître en début de mot, alors celle-ci serait considérée comme illégale (Hooper, 1972). En d'autres termes, la *légalité phonotactique* est une règle qui considère une suite de phonèmes comme légale dans la mesure où cette séquence est attestée en début de mot (McQueen, 1998). De ce fait, dans le mot *balcon*, si le cluster consonantique *lc* est bel et bien illégal en initiale de mot, alors la syllabification et, *in extenso* la détermination de la frontière syllabique, vont s'appliquer entre les deux consonnes *bal.con* (pour plus de détails, Dell, 1995). Par ailleurs, dans les traitements cognitifs, il a été mis en évidence que des connaissances sur les règles phonotactiques et sur les *règles probabilistiques* (i.e., en

termes de fréquence positionnelle) des séquences consonantiques en attaque (i.e., *onset*) ou coda (i.e., *offset*) permettent d'accepter ou de rejeter plus efficacement des segments illégaux à ces positions (Brent & Cartwright, 1996 ; Goldrick, 2004 ; Vitevitch & Luce, 2005) voire de les transformer en séquences légalement acceptables (i.e., phénomène d'assimilation à des séquences phonologiquement proches et acceptables ; Hallé, Chéreau & Segui, 2000 ; Hallé, Segui, Frauenfelder & Meunier, 1998 ; Segui, Frauenfelder & Hallé, 2001).

Alors que la syllabification consiste à segmenter un mot, la resyllabification (aussi appelée resyllabation) va être le processus par lequel on va recréer un enchaînement syllabique cohérent. La resyllabification ne sera possible qu'en respectant un certain nombre de principes et de contraintes à savoir, notamment, le Principe d'Attaque Maximale en étroite liaison avec l'ensemble des contraintes phonotactiques. Au-delà de la réapplication des principes universaux ou des règles phonotactiques, le processus de resyllabification serait aussi influencé par des indices suprasegmentaux, à savoir l'accentuation (Kahn, 1980). Un exemple possible de resyllabification concerne les situations de suppression de consonnes intervocaliques, provoquées dans des paradigmes expérimentaux ou involontaires telles qu'en prononciation ou en lecture¹. Ainsi, pour un mot tel que *balcon* dont la structure syllabique phonologique est CVC.CV (i.e., /bal/.kɔ̃/), abstraction faite des caractéristiques sonores des consonnes intervocaliques ou de l'optimalité du contact syllabique, la suppression de la coda de la première syllabe (i.e., /l/) ou la suppression de l'attaque de la seconde syllabe (i.e., /c/) n'engendreront pas le même type de traitement phonologique. Selon Encrevé (1988), l'omission ou la déletion de la coda préservera la syllabification naturelle (e.g., *ba.con*) tandis que la suppression de l'attaque nécessitera un processus de resyllabification (e.g., *ba.lon*). Dans ce cas-là, la resyllabification sera considérée comme la compensation d'une structure syllabique par la recréation d'une frontière cohérente et conforme aux contraintes de la langue pour des consonnes dont le statut se voit modifié.

2.2.3. Spécificités acoustico-phonétiques et accentuation

Si les caractéristiques des phonèmes et des syllabes, le respect des règles phonotactiques et l'application de principes universaux influencent considérablement les traitements phonologiques, l'utilisation de stratégies syllabiques pourrait être modulée par des facteurs *plus spécifiques* au français.

¹ La resyllabification concerne également les situations de liaison qui créent des « *ambiguïtés transitoires dans la chaîne parlée* » (Spinelli & Ferrand, 2005, p.49) pour l'assignation du phonème latent comme segment supplémentaire à l'initiale d'un mot commençant par une voyelle. La resyllabification serait possible (e.g., Gaskell, Spinelli & Meunier, 2002 ; Spinelli, McQueen & Cutler, 2002 ; 2003) grâce à des indices infracatégoriels d'ordre acoustique dans la réalisation des phonèmes de liaison.

D'une part, le français possède certains *atouts* au niveau de la répartition de ses structures syllabiques et de la composition des mots de son lexique. Différentes analyses (Delattre, 1965 ; Wioland, 1985) révèlent que le français est majoritairement composé de syllabes ouvertes (e.g., CV), qualifiées d'*universellement optimales* pour leur simplicité (cf. Chapitre 1, Partie 2.2.1.) et leur sonorité (Clements, 1990), ce qui les rendrait plus facilement identifiables. De plus, le français contient une majeure partie de mots plurisyllabiques (i.e., 93.3% ; Content et al., 1990), ce qui rend le recours à des unités de taille syllabique beaucoup plus pertinent que pour des langues dominées par des mots monosyllabiques telles que l'anglais qui se baserait essentiellement sur des unités rimiques (e.g., Treiman, Mullennix, Bijelbac-Babic & Richmond-Welty, 1995b) bien qu'elles semblent aussi intervenir pour le traitement de mots plurisyllabiques (Treiman, Fowler, Gross, Berch & Weatherspoon, 1995c).

D'autre part, en français, les mots ont des frontières syllabiques qui sont relativement claires à identifier (Kaye & Lowenstamm, 1984), sur la base, notamment, du Principe d'Attaque Maximale et des règles phonotactiques qui lui sont propres. En résumé, il n'existerait pas ou peu d'ambiguïté pour découper convenablement les segments consonantiques, contrairement à une langue telle que l'anglais gouvernée par des règles différentes (Derwing, 1992 ; Treiman & Danis, 1988 ; Treiman & Zukowski, 1990) et pour laquelle il existe un phénomène phonologique d'*ambisyllabité* (i.e., affiliation d'une seule et même consonne présente à la frontière syllabique à deux segments contigus ; e.g., le mot *demon* 'démon' segmenté en *dem* et *mon*) (Hooper, 1972 ; Kahn, 1980).

Alors que l'organisation structurale permettrait d'argumenter pour l'implication de la syllabe en français, des éléments plus fins, situés à un niveau acoustico-phonétique, pourraient aussi rendre compte du rôle de la syllabe. De même que la prédominance de mots plurisyllabiques en français laisserait envisager le recours à la syllabe, son emploi serait consolidé par le respect à 76.4% (Content et al., 1990) du Contact Syllabique Optimal (Hooper, 1972 ; Murray & Vennemann, 1983), à savoir, la coda de la première syllabe plus sonore que l'attaque de la seconde syllabe. En bref et plus globalement, les traits de sonorité et leur organisation interne aux frontières syllabiques seraient des indices subtils et utiles pour une segmentation cohérente.

Hormis l'aspect de sonorité et l'organisation optimale interne de la syllabe, déjà largement exposés précédemment, des indices suprasegmentaux pourraient intervenir et même influencer le recours à des unités syllabiques, tels que l'assignation de l'accentuation. Alors que le français et l'espagnol sont qualifiés de *langues rythmées par la syllabe* (*syllable-timed languages*), l'anglais, le néerlandais ou l'allemand sont dits des *langues rythmées par l'accent* (*stress-timed languages*) (Cutler, 1997). En français, l'accentuation est fixe, généralement véhiculée par la dernière syllabe d'un mot isolé. De ce fait, la première syllabe est non accentuée et les constituants plus fins (i.e.,

les phonèmes) sont acoustiquement moins clairs à identifier, notamment à cause du phénomène de coarticulation (Altmann, 1997 ; Liberman, Cooper, Shankweiler & Studdert-Kennedy, 1967). Cela servirait à justifier de l'utilisation d'un code plus global, de plus haut niveau, c'est-à-dire un code syllabique plutôt que phonémique. De même, pour Altmann (1997), la sensibilité aux structures syllabiques en français est due à la présence de détails de coarticulation entre la voyelle et la consonne postvocalique. Ainsi, dans le mot *balance*, il n'y a que très peu de coarticulation du *l* sur la voyelle précédente dans la première syllabe donc la consonne appartient à la seconde syllabe. Par contre, dans le mot *balcon*, la coarticulation de la consonne est forte sur la voyelle précédente donc elle s'accole à celle-ci. En résumé, des données expérimentales viennent étayer le rôle quasi inexistant d'unités suprasegmentales telles que l'accentuation qui n'est pas contrastive en français et pour laquelle les auditeurs montrent une certaine *surdité* (Dupoux, Pallier, Sebastián & Mehler, 1997). En revanche, en anglais, l'accentuation est instable et peut se positionner sur la première ou sur la seconde syllabe. La frontière syllabique deviendrait floue et rendrait les consonnes intervocaliques *ambisyllabiques*. Lorsque l'accentuation tombe sur la seconde syllabe, la syllabification est systématiquement non problématique, c'est-à-dire que la consonne intervocalique est assignée en position d'attaque (Treiman & Danis, 1988). Parallèlement, la structure syllabique jouerait un rôle fondamental pour l'assignation de la place de l'accent dans le mot pour les langues à accentuation libre comme l'anglais (pour plus de détails, Bell & Hooper, 1978 ; Goldsmith, 1990). Ainsi, le *poids syllabique*, qui dépend du positionnement de l'accent, déterminerait les stratégies et unités de segmentation (Cutler & Norris, 1988 ; Fear, Cutler & Butterfield, 1995) qui reposeraient sur la distinction entre deux types syllabiques. Les *syllabes lourdes*, c'est-à-dire celles comportant une voyelle longue (les francophones sont insensibles à la succession 'court-long', Dupoux, Kakehi, Hirose, Pallier & Mehler, 1999), une diphtongue (inexistante en français) ou une voyelle brève suivie d'une ou plusieurs consonnes (Derwing, 1992, pour plus de détails sur les spécificités propres à l'anglais), sont des syllabes *accentuées*. Dans le cas d'une *syllabe légère* (*non accentuée*), celle-ci se compose d'une voyelle brève ou de toute autre formation ne répondant pas aux critères de structuration d'une *syllabe lourde*.

3. Conclusion

Les données actuelles semblent mettre en évidence un phénomène bien établi : les unités infralexicales dominantes sont dépendantes des spécificités propres à chaque langue. Il existerait donc plusieurs niveaux distinctifs entre les langues (e.g., complexité des structures infralexicales, accentuation, règles phonotactiques...). Des données linguistiques provenant de plusieurs langues nous ont permis de distinguer un recours aux unités infralexicales contrasté. Mais il apparaît

clairement que la syllabe occupe une place prépondérante en français. Et cela semble être le cas plus largement pour les langues romanes (e.g., espagnol, italien...). Toutefois, il ne faut pas se limiter à ces constats. L'utilisation d'un type d'unité particulier semblerait être aussi en étroite relation avec les caractéristiques des systèmes phonologiques des langues alphabétiques. Il s'avère donc important d'approfondir et d'enrichir l'étude de la syllabe en français. C'est pourquoi il est indispensable de dépasser le cadre de la linguistique pour étudier le statut de la syllabe en nous penchant sur les données comportementales issues de recherches menées chez l'adulte dans différentes langues, dans différentes modalités de traitement.

L'un de nos objectifs est de déterminer si le contact syllabique optimal, les indices acoustico-phonétiques tels que la sonorité aux frontières syllabiques, la complexité syllabique et si le respect des règles phonotactiques sont des éléments impliqués dans le recours à la syllabe à l'écrit en français chez l'adulte et l'enfant normo-lecteurs et chez les enfants dyslexiques développementaux à l'aide de trois expériences (i.e., paradigme des conjonctions illusoire, tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots et tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots).

4. Synthèse du Chapitre 1

Dans ce premier chapitre, nous nous sommes penchés sur la définition de la syllabe d'un point de vue linguistique. Nous avons présenté différentes conceptions structurales de la syllabe nous permettant de retenir certaines constantes : une syllabe comporte obligatoirement un noyau vocalique (i.e., une voyelle) tandis que la coda est optionnelle et que l'attaque, bien que facultative, permet de construire des syllabes CV présentes dans toutes les langues du monde (Clements & Keyser, 1983).

Nous avons montré que chaque phonème d'une syllabe dispose d'un degré de sonorité propre qui va déterminer une syllabe optimale, à savoir celle dont l'attaque croît progressivement jusqu'au noyau vocalique et décroît minimalement en fin de syllabe. Le prototype idéal correspond ainsi à une syllabe de type CV (e.g., Clements, 1990).

Nous avons également présenté les différentes théories de segmentation syllabique dans un mot, contraintes par les règles phonotactiques et par la sonorité aux frontières syllabiques. Celles-ci déterminent les stratégies disponibles et applicables dans une langue donnée. Ainsi, en français, la syllabification peut être influencée d'une part par les profils de sonorité aux frontières syllabiques, car ils fournissent des renseignements acoustico-phonétiques utiles pour délimiter chaque syllabe (i.e., le pattern 'diminution faible de la sonorité en fin de syllabe-accroissement progressif en début de syllabe subséquente' est un indice pertinent permettant de situer la frontière syllabique dans un mot comme *bal.con* ; e.g., Murray & Vennemann, 1983). La syllabification peut dépendre du nombre maximal de consonnes pouvant être positionnées en attaque de syllabe (i.e., Principe de l'Attaque Maximale ; Spencer, 1996), tant qu'elle ne transgresse pas les règles phonotactiques du français ; une attaque de mot n'est possible que si elle est attestée en début de mot.

Enfin, nous avons insisté sur l'importance des caractéristiques – statistiques – du français pour justifier du recours aux unités syllabiques plutôt qu'aux rimes, comme en anglais. Il s'agit notamment de la position plus prédictible de l'accentuation, de la proportion plus élevée de mots plurisyllabiques (i.e., 93.3% ; Content al., 1990) et de la prédominance de structures syllabiques optimales (i.e., CV ; e.g., Encrevé, 1988 ; Wioland, 1985).

Contrairement à des langues telles que l'anglais, le français dispose d'un ensemble de caractéristiques linguistiques *optimisées* pour l'utilisation de la syllabe. Cependant, nous avons peint un portrait assez controversé du rôle de la syllabe dans d'autres langues et même, dans certains cas, en français. Son rôle ne semble donc pas universel et systématique.

CHAPITRE 2

– Le traitement syllabique chez l'adulte –

1. Introduction

L'implication de la syllabe dans le traitement des langues a depuis très longtemps fait l'objet de nombreuses recherches, notamment chez l'adulte. Le français fait partie de ces langues les plus fréquemment investiguées et pour lequel de nombreux travaux ont conclu, majoritairement, au recours à des unités infralexicales syllabiques, bien que les conclusions soient régulièrement contredites. L'intérêt de ce détour par les arguments théoriques et expérimentaux issus des recherches chez l'adulte est évident à plus d'un titre.

Tout d'abord, l'utilisation de la syllabe comme unité prélexicale d'accès au lexique mental ou comme unité de segmentation, quelle que soit la modalité de traitement, ne fait toujours pas l'objet d'un consensus, ce qui mérite d'être explicité. Enfin, les études et les modèles théoriques chez l'adulte sont le point d'ancrage des recherches subséquentes et des modèles d'apprentissage chez l'enfant.

2. État des recherches en perception de parole

2.1. Arguments expérimentaux

Beaucoup d'études psycholinguistiques se sont attachées à étudier le rôle de la syllabe dans la perception de la parole, essentiellement en tant qu'unité de segmentation (e.g., Cutler, McQueen, Norris & Somejuan, 2001 ; Seguí, 1997 ; Sendlmeier, 1995) mais aussi en tant qu'unité prélexicale de classification et d'accès au lexique mental (e.g., Kolinsky, Morais & Cluytens, 1995 ; Mehler, Dommergues, Frauenfelder & Seguí, 1981). L'une des études les plus célèbres dans le domaine de la perception de parole reste, aujourd'hui encore, celle de Mehler et al. (1981) dans une tâche de détection de phonèmes à l'initiale de mots. Des sujets francophones devaient décider si une cible, de structure CV ou CVC apparaissait à l'initiale d'un mot dont la structure syllabique initiale était congruente (e.g., BA dans BA.LADE ou BAL dans BAL.CON) ou incongruente (BAL dans BA.LADE ou BA dans BAL.CON). De même, chaque mot de structure initiale CV était apparié en fréquence avec son homologue CVC partageant les trois premiers phonèmes (e.g., BA.LADE et BAL.CON). Les résultats obtenus ont mis en évidence des temps de

réponse plus rapides lorsque la structure syllabique de la cible était congruente avec la structure syllabique initiale des mots-porteurs que lorsqu'elle était incongruente. L'interaction croisée entre la structure de la cible et la structure syllabique initiale du mot-porteur a été appelée *effet de compatibilité syllabique*. Cet effet a permis aux auteurs de rendre compte de l'utilisation, par l'auditeur francophone, des syllabes comme unités perceptives prélexicales pour segmenter le flux de parole et accéder au lexique mental (voir aussi Mehler, Dupoux & Seguí, 1990 ; Seguí, Dupoux & Mehler, 1990).

À partir des travaux de Mehler et al. (1981), des recherches ultérieures ont continué d'investiguer le rôle de la syllabe en perception chez l'adulte, notamment par le biais de recherches inter-langues. Ainsi, les travaux de Cutler, Mehler, Norris et Seguí (1983 ; 1986) pour des comparaisons anglais-français ou ceux d'Otake, Hatano, Cutler et Mehler (1993) pour des comparaisons japonais- français se sont penchés sur les convergences et divergences de traitements syllabiques éventuels en s'inspirant du paradigme de Mehler et al. (1981). Dans les expériences de Cutler et al. (1983 ; 1986), il a été mis en évidence que seuls les auditeurs français utilisaient un code syllabique pour segmenter les mots, y compris lorsqu'ils entendaient des mots anglais alors que les auditeurs anglais faisaient plutôt appel à un code phonémique. À partir de ces résultats, les auteurs ont conclu que les stratégies de segmentation dépendraient des caractéristiques de la langue maternelle. De manière similaire, Cutler, Mehler, Norris et Seguí (1992) ont constaté en comparant des bilingues français -anglais que seuls les auditeurs à dominance francophone manifestaient des sensibilités à la segmentation syllabique. Que ce soit dans l'étude de Cutler et al. (1992) ou dans celle de Cutler, Mehler, Norris et Seguí (1989), toutes deux traitant du bilinguisme, les deux données importantes recueillies sont la prédominance d'un seul système phonologique dans la segmentation de la parole et l'inhibition de certaines caractéristiques de la langue minoritaire au profit d'habiletés propres à la langue dominante (e.g., sensibilité à l'accentuation, segmentation en unités syllabiques...).

L'une des caractéristiques linguistiques censées rendre le mieux compte des différences de segmentation repose sur le caractère non ambigu des frontières syllabiques en français ou en espagnol (cf. Chapitre 1, Partie 2.2.3.). Cette spécificité serait à l'origine de l'application d'une stratégie de segmentation syllabique. Les travaux de Sebastián-Gallés, Dupoux, Seguí et Mehler (1992) chez des auditeurs catalans et espagnols ont permis de montrer deux phénomènes circonstanciels : l'utilisation des syllabes par les Espagnols n'est effective que lorsque les délais de récupération de la représentation syllabique sont suffisants² alors que la segmentation

² Une intervention plus précoce de la segmentation syllabique est aussi observée, mais serait soumise au fait que les voyelles en espagnol sont encore moins nombreuses qu'en français, donc plus facilement identifiables et donc plus *transparentes* au niveau acoustique.

syllabique chez les Catalans n'est observée que pour les mots dont la syllabe initiale est non accentuée. Paradoxalement, les bilingues espagnol-anglais de l'étude de Bradley, Sánchez-Casas et García-Albea (1993) n'appliquaient pas de segmentation syllabique aux mots anglais voire, dans le cas d'un bilinguisme *tardif*, n'employaient plus de stratégie syllabique sur les mots espagnols. En s'inspirant du même paradigme, des études menées en italien (Tabossi, Collina, Mazzeti & Zoppelo, 2000), en portugais (Morais, Content, Cary, Mehler & Seguí, 1989) et en néerlandais (i.e., langue dont les caractéristiques sont proches de l'anglais, avec une accentuation fixe mais aux frontières ambisyllabiques ou claires, Zwitserlood, Schriefers, Lahiri & Van Donselaar, 1993) sont également parvenues à mettre en évidence l'utilisation d'unités de taille syllabique dans les processus de segmentation de la parole.

En s'appuyant sur un paradigme expérimental d'induction attentionnelle, Pallier, Sebastián-Gallés, Felguera, Christophe et Mehler (1993) ont manipulé les attentes de locuteurs français et espagnols sur la position de phonèmes dans des mots et des non-mots. Les auditeurs étaient implicitement induits sur la position de phonèmes-cibles apparaissant en position fixe dans les items (i.e., en position de coda de la syllabe initiale dans des items CVC.CV ou en position d'attaque de la seconde syllabe dans des items CV.CCV). Les résultats dégagés ont montré que la détection des phonèmes-cibles par les auditeurs français aussi bien que par les auditeurs espagnols était facilitée lorsque la position induite était effectivement celle correspondante à un découpage syllabique correct plutôt qu'à un découpage syllabique incorrect (e.g., *p* dans *cap.ture* ou *p* dans *ca.price*). Sur la base du même paradigme, des travaux menés en anglais ont montré un robuste effet syllabique, conditionné par une frontière syllabique non ambiguë et par la présence de l'accentuation sur la seconde syllabe (e.g., Finney, Protopapas & Eimas, 1996 ; Pitt, Smith & Klein, 1998). Ces résultats sont compatibles avec les arguments théoriques de Cutler et Norris (1988) (cf. Chapitre 2, Partie 2.2.) qui défendent l'idée d'une segmentation déclenchée par les syllabes accentuées. Par ailleurs, ces résultats expliqueraient l'absence d'effets syllabiques dans les travaux de Cutler et al. (1986) ou de Bradley et al. (1993) dans lesquels les mots utilisés étaient accentués sur la syllabe initiale.

Dans une série d'expériences, notamment d'amorçage intra-modalité (auditif-auditif) en décision lexicale, Spinelli et Radeau (2004) ont cherché à savoir si la syllabe était l'unité d'accès au lexique. En considérant l'ensemble de leurs résultats, il ressortait que les amorces CV (e.g., /ka/) activaient comparativement les mots CV (e.g., /kapyʃ/) et CVC (e.g., /kapsyl/). En revanche, les amorces CVC n'activaient que les mots CVC. Les amorces CV laisseraient la possibilité d'intégrer de nouveaux phonèmes pour constituer une autre syllabe. Selon les auteurs, le fait que les amorces CVC n'activaient que les mots CVC signifierait qu'une fois la récupération d'une syllabe fermée effectuée, aucun retour en arrière ne serait possible pour décaler la frontière

syllabique en structure CV. Les informations syllabiques ne contraindraient la cohorte initiale de candidats lexicaux que lorsque les informations sur la fin des syllabes sont sûres. Comme le soulignent les auteurs, ces résultats témoignent d'un traitement séquentiel des informations auditives, mais uniquement pour les mots prononcés isolément³.

Ainsi, les amorces CV laisseraient potentiellement toutes les candidats lexicaux actifs. En effet, les amorces CVC sont suffisantes, car elles ne peuvent plus accepter de phonèmes (i.e., selon l'inventaire de Goldman, Content & Frauenfelder (1996), il n'existe pas de syllabes CVCC en français dans les mots plurisyllabiques). Par ailleurs, la prédominance des structures CV par rapport aux structures CVC expliquerait ces résultats, car le nombre de compétiteurs lexicaux est plus restreint pour les structures CVC (cette interprétation est conforme avec les données de Dufour, Peereman, Pallier & Radeau (2002) ; en effet, catégoriser la syllabe initiale permet une réduction de la cohorte possible de candidats lexicaux de 57% avec les structures syllabiques CVC contre 29% pour les structures syllabiques CV). Enfin, l'hypothèse d'une plus grande similarité acoustique entre une amorce CVC et un mot CVC plutôt qu'avec un mot CV reposerait sur le fait qu'il existe une plus grande coarticulation de la voyelle par le phonème postvocalique dans une structure CVC que dans une structure CV (cf. Chapitre 1, Partie 2.2.3.). La syllabe ne serait utilisée en perception auditive de mots que « *lorsque cela permet d'éliminer un nombre significatif de candidats en compétition* » (Spinelli & Radeau, 2004, p. 90).

L'une des critiques les plus retentissantes concernant le rôle de la syllabe en tant qu'unité prélexicale a été formulée par Content, Meunier, Kearns et Frauenfelder (2001a) en réexaminant les résultats de Mehler et al. (1981). Leur remise en question s'est appuyée sur le matériel utilisé. Tous les mots sélectionnés comportaient une consonne postvocalique (i.e., consonne pivot) sonore /l/ ou /r/ toujours précédée par la voyelle /a/. Content et al. (2001a) ont tenté de répliquer les résultats de Mehler et al. (1981) mais en utilisant des pseudomots et en faisant varier la sonorité de la consonne située à la frontière syllabique (i.e., /l/, /r/, /f/, /v/, /k/, /p/ et /s/) et la nature de la voyelle (i.e., /a/, /y/, /i/ et /u/). Les résultats n'ont pas été conformes, mais ont mis en évidence une détection plus rapide des séquences CVC uniquement dans les pseudomots CVC mais pas pour les séquences CV dans les pseudomots CV. De plus, l'amélioration des temps de détection pour les séquences CVC n'apparaissait que lorsque la consonne postvocalique était une consonne sonore. L'une des explications avancées repose sur la prise en compte des caractéristiques acoustico-

³ Ce constat renvoie à la notion de *point d'unicité* développée avec le modèle *Cohort* (Marslen-Wilson & Welsh, 1978). Dans le signal sonore, l'apparition du premier phonème d'un mot va activer l'ensemble des mots commençant par ce phonème. Progressivement, l'accumulation séquentielle des phonèmes, allant de gauche à droite, va restreindre le nombre de candidats lexicaux jusqu'à ce qu'en un point donné, il n'y ait plus qu'un seul mot possible : il s'agit du *point d'unicité*.

phonétiques de la consonne pivot qui aurait un décours temporel plus bref (i.e., de 27ms phonétiquement contre 54ms d'un point de vue perceptif ; Content & Frauenfelder, 2002) lors de sa réalisation dans un segment CVC.CV plutôt que CV.CVC (voir aussi Leclercq, Content & Frauenfelder, 2002). Le décours temporel des traits acoustico-phonétiques de la consonne pivot serait également dépendant du profil de sonorité du cluster (i.e., sonore-occlusif) (Dumay, Content & Frauenfelder, 2002a). Ces informations, déjà évoquées en néerlandais par Quéné (1992), agiraient comme indices relativement fiables pour la segmentation (e.g., Spinelli et al., 2003).

2.2. Stratégies dépendantes des langues ou universelles ?

Les données actuelles en perception de parole tendent à s'accorder sur un fait : l'utilisation privilégiée de la syllabe et les performances des locuteurs reposeraient avant tout sur les propriétés phonotactiques, phonologiques, prosodiques et acoustiques propres à chaque langue. Ainsi, les effets syllabiques observés dans plusieurs langues ne semblent pas revêtir le caractère universel « supposé » (e.g., Bruck, Treiman & Caravolas, 1995 ; Cutler et al., 1983 ; 1986 ; Floccia, Kolinsky, Dodane & Morais, 2003). C'est dans un tel contexte que le rôle de certains indices a été testé dans plusieurs langues. Cutler et Norris (1988) ont avancé une hypothèse censée rendre compte des mécanismes de segmentation de l'anglais : la *Stratégie Métrique de Segmentation* (i.e., *Metrical Segmentation Strategy*). Comme nous l'avons déjà précisé, l'anglais est une langue rythmée par l'accent qui distingue deux types de syllabes : les syllabes accentuées dites lourdes (i.e., les seules considérées comme attaque possible de mots) et les syllabes non accentuées dites légères. Comme l'ont montré Cutler et Norris (1988) ou Norris, McQueen et Cutler (1995), les locuteurs anglophones sembleraient s'appuyer sur cette régularité métrique qui fournit des indices suffisamment pertinents pour segmenter les signaux de parole à chaque syllabe accentuée rencontrée⁴ (e.g., Slowiaczek, Soltano & Bernstein, 2006).

Suomi, McQueen et Cutler (1997) et Vroomen, Tuomainen et De Gelder (1998) se sont notamment penchés sur le cas de la différence de *poids syllabique* (i.e., syllabe accentuée vs. syllabe non accentuée) et de l'*harmonie vocalique* comme sources d'informations phonologiques distinctes et régulières dans les stratégies de segmentation lexicale. L'*harmonie vocalique* est un phénomène de restriction d'apparition des voyelles au sein d'un mot. En d'autres termes, seules des voyelles d'une même classe (e.g., antérieure ou postérieure) peuvent se retrouver dans les

⁴ De nombreuses études ont remis en cause la pertinence de la segmentation métrique en avançant l'hypothèse selon laquelle la proportion de mots commençant par une syllabe accentuée contraint un phénomène de compétition lexicale en amorçage phonologique (e.g., Radeau, Morais & Seguí, 1995) ou en amorçage inter-modalité (e.g., Vroomen & De Gelder, 1995).

syllabes successives d'un même mot. Les divers résultats obtenus ont montré qu'à l'instar des locuteurs anglais, les locuteurs finlandais et néerlandais s'appuient sur les redondances prosodiques de leurs langues respectives pour segmenter les signaux de parole (i.e., la présence d'une syllabe initiale accentuée) tandis que les locuteurs français n'exploitent pas ces éléments. De même, il semblerait que les locuteurs finlandais soient plus sensibles au poids syllabique qu'à l'harmonie vocalique lorsque ces deux indices sont simultanément présents (Vroomen et al., 1998). Toutefois, des travaux (e.g., Banel, Frauenfelder & Perruchet, 1998) se sont intéressés à l'implication d'une stratégie métrique de segmentation en français. Les auteurs ont validé l'hypothèse selon laquelle les locuteurs français s'appuieraient sur l'agencement métrique des syllabes dans un mot pour initier la segmentation, compte tenu du caractère fiable et prévisible de l'accentuation en français sur la dernière syllabe, même si celle-ci n'est pas définie comme pertinente pour discriminer les mots, à l'inverse du voisement, par exemple.

Parallèlement, en combinant les probabilités phonotactiques et les contraintes phonotactiques (cf. Chapitre 1, Partie 2.2.1.), la stratégie de segmentation de la *Contrainte du Mot Possible* (i.e., *Possible Word Constraint*, Norris, McQueen, Cutler & Butterfield, 1997) a été proposée pour expliquer la manière dont la chaîne parlée pourrait être segmentée en anglais. L'idée développée est que la segmentation ne peut s'effectuer à n'importe quel endroit dans le mot, car il est nécessaire que toute séquence segmentée puisse correspondre à une structure lexicale plausible (e.g., *vuffapple* ne peut être décomposé qu'en *vuff* et *apple* car toutes les caractéristiques requises pour former un mot sont présentes pour chacun des segments). Cette hypothèse *fondamentale* a été testée dans un ensemble de travaux en néerlandais par McQueen (1998) ou Vroomen et De Gelder (1997 ; 1999) et en français par Dumay et al. (2002a) et Dumay, Frauenfelder et Content (2002b) à partir de tâches de *word-spotting* (i.e., tâche de détection d'un mot enchâssé dans un pseudomot). Ces auteurs ont étudié si l'alignement entre les frontières syllabiques et le début potentiel de mots permettait un déclenchement privilégié pour l'accès lexical (i.e., une meilleure détection de *lac* dans *zun.lac* devrait être observée, puisque le mot est aligné avec le début d'une syllabe par rapport à *zu.glac*). Pour l'ensemble des études menées dans ces deux langues, les résultats ont mis en évidence des détections plus rapides dans la condition où le mot était aligné avec le début de la syllabe (e.g., *zun.lac*) que lorsqu'il ne l'était pas (e.g., *zu.glac*). Formulé différemment, détecter un mot non aligné avec une frontière syllabique pénalise les traitements. Ces données rejoignent l'hypothèse de l'*Heuristique de Segmentation de l'Attaque Syllabique* (i.e., *Syllable Onset Segmentation Heuristic*, Content, Kearns & Frauenfelder, 2001b ; Content, Dumay, Frauenfelder, 2000) proposée pour expliquer la manière dont les locuteurs français exploitent les régularités des structures syllabiques du français pour segmenter le flux de parole. Cette théorie, en accord parfait avec la théorie du *Possible Word Constraint* (Norris et al.,

1997), observe que les frontières syllabiques coïncideraient avec les frontières des mots et défend l'idée selon laquelle les débuts de syllabes constitueraient des points d'alignement pour l'accès lexical. Selon Content et al. (2001b), l'accès lexical ne s'effectuerait pas sur la base d'analyses séquentielles syllabes après syllabes, mais en fonction des syllabes positionnées en début de mot⁵. Ces conclusions, fondées sur les résultats expérimentaux obtenus dans des tâches de permutation de syllabes ou de répétition de syllabes initiales ou finales, ont aussi inclus le constat que la détermination de la fin de la syllabe initiale (i.e. *syllable offset*) ou du début de la syllabe suivante (i.e., *syllable onset*) induit des mécanismes distincts de traitement : le point de segmentation dépendrait uniquement du début du mot.

3. État des recherches en production de parole

3.1. Arguments expérimentaux

Les études sur l'implication de la syllabe comme unité privilégiée de production sont extrêmement répandues, essentiellement dans les langues romanes et germaniques (e.g., Ferrand, 2000 ; Ferrand & New, 2003 ; Cholin, Schiller & Levelt, 2004 ; Schiller, Meyer & Levelt, 1997), mais aussi sino-tibétaines (e.g., Chen, Dell & Chen, 2002). Les travaux de Ferrand, Seguí et Grainger (1996) en français et de Ferrand, Seguí et Humphreys (1997) en anglais ont, à ce titre, contribué à valider la syllabe comme unité de production à voix haute en utilisant un paradigme d'amorçage visuel masqué de mots bi- et trisyllabiques (pour une synthèse en français, voir Seguí & Ferrand, 2000). En effet, une amorce congruente avec la structure initiale du mot subséquent (e.g., BA pour BA.LADE ou PAR pour PAR.TIR) permettait une prononciation plus rapide du mot que lorsque l'amorce était incongruente avec la structure initiale du mot (e.g., BAL pour BA.LADE ou PA pour PAR.TIR), que les mots soient bisyllabiques (e.g., BALADE) ou trisyllabiques (e.g., PARTISAN). En anglais, en revanche, cet avantage de l'amorçage syllabique masqué ne ressort que lorsque les frontières syllabiques sont non ambiguës. Toutefois, la prévalence des unités syllabiques en production n'est pas un phénomène récurrent dans toutes les études. Schiller (1998 ; 1999 ; 2000) en néerlandais et en anglais ainsi que Brand, Rey et Peereman (2003) ou Perret, Bonin et Méot (2006) en français ne sont ainsi pas parvenus à mettre en évidence le rôle de la syllabe dans la récupération des codes phonologiques pour la sortie articulaire. Au-delà de remettre en question l'intérêt du paradigme d'amorçage visuel masqué

⁵ Les auteurs ont aussi observé que les stratégies de syllabification favorisaient le Principe d'Attaque Obligatoire (i.e., Hooper, 1972) plutôt que la *Loi du Poids* (i.e., *Weight Law*, Vennemann, 1988) qui renvoie au rôle de l'accentuation, non contrastive en français.

(Schiller, Costa & Colomé, 2002), c'est l'hypothèse du recouvrement qui est défendue, à savoir que les syllabes CVC sont mieux détectées que les syllabes CV à cause d'un plus grand recouvrement perceptif quelle que soit la structure syllabique du mot. Il existerait donc un effet facilitateur de la segmentation, principalement induit par un recouvrement perceptif (i.e., *segmental overlap hypothesis*, Schiller, 1998 ; 2004 ; Schiller & Costa, 2006) et non par un effet de compatibilité syllabique.

Toutefois, les travaux menés par Peretz, Lussier et Béland (1998) dans une tâche de complétion à voix haute de souches *bigrammiques* (i.e., CV) ou *trigrammiques* (i.e., CVC) français présentées visuellement ont mis en évidence un effet contrasté entre sujets français et anglais. Seuls les Français ont recours à des unités de type syllabique en production. L'effet observé était notamment matérialisé par un effet de compatibilité syllabique entre la souche et le mot prononcé subséquemment (i.e., les mots CVC étaient prononcés plus rapidement lorsque la souche était de structure CVC plutôt que CV et inversement réciproque ; pour plus de détails en français, voir Spinelli & Radeau, 2004). De même, Taft et Radeau (1995) ont observé un effet significatif de la syllabe phonologique dans une tâche de prononciation de mots et de pseudomots lorsque les stimuli étaient présentés visuellement. Ces résultats sont directement inspirés des travaux précédents de Taft (1979) qui avait étendu la notion structurale de la syllabe aux traitements visuels en considérant que les mots polysyllabiques pouvaient être définis selon leur *BOSS* (i.e. *Basic Orthographic Syllabic Structure*) qui respecte le Principe d'Attaque Maximale (i.e., Spencer, 1996). Le *BOSS* postule une syllabe orthographique incluant toutes les consonnes suivant la voyelle et servant à apporter le maximum d'informations sur la première syllabe (e.g., *ren* dans *renard*). Le *BOSS* émergerait d'une analyse purement orthographique qui ignorerait la structure phonologique de la syllabe. En s'appuyant sur cette notion, Taft et Radeau (1995) ont exploré le rôle du *BOB* (i.e., *Body of the BOSS* ; e.g., *en* dans *ren*) déjà étudié en anglais (Taft, 1992). Dans l'expérience de Taft et Radeau (1995), les sujets devaient prononcés des pseudomots présentés en lettres majuscules et contenant un *E* qui pouvait être prononcé /e/, /œ/ or /ɛ/. Les pseudomots (e.g., CELUND) étaient précédés soit par un mot partageant la même syllabe (e.g., CERISE) soit le même BOB (e.g., PELAGE). Leurs résultats ont montré que la syllabe phonologique était plus pertinente que le BOB dans une tâche de production à voix haute.

Parallèlement, les études menées sur le rôle de la syllabe en production de parole ont fait émerger l'idée selon laquelle les syllabes fréquentes et légales faciliteraient, d'une part, la prononciation (e.g., Carreiras, Ferrand, Grainger & Perea, 2005a ont montré que l'effet d'amorçage syllabique n'est effectif qu'avec la syllabe initiale en français; Carreiras & Perea, 2004a ; Perea & Carreiras, 1998) et seraient même, d'autre part, représentées dans un *syllabaire mental* (i.e., *mental syllabary*, Cholin, Levelt & Schiller, 2006 ; Levelt & Wheeldon, 1994),

indépendant du lexique mental. Ce *syllabaire mental* serait le lieu de stockage restreint de codes articulatoires précompilés uniquement pour les syllabes fréquentes. Ce *syllabaire mental* jouerait le rôle d'un répertoire moteur facilitant l'accès à un stock raisonnable de syllabes plutôt que d'en établir la construction *on-line*. L'avantage d'un tel lexique est double : une réduction des coûts de traitements cognitifs et un stockage *clé en main* d'unités préencodées aux niveaux phonologique et articulatoire.

3.2. Théorie des *schémas* vs. théorie des *chunks*

Cependant, l'encodage phonologique d'unités infralexicales telles que les syllabes dans la production de mots met en concurrence deux conceptions théoriques de la représentation des syllabes : les *schémas* et les *chunks*. Les *schémas* seraient des unités représentant la structure abstraite de la syllabe, indépendamment de son statut segmental (e.g., des syllabes telles que /kar/ et /sal/ sont considérées comme semblables, car partageant la même structure abstraite CVC) tandis que les *chunks* seraient des unités correspondant à des segments phonologiques fixes (e.g., des syllabes telles que /kar/ et /sal/ sont considérées comme dissemblables, car ne contenant pas les mêmes segments phonologiques). La conception selon laquelle les syllabes seraient des schémas est notamment soutenue par les arguments expérimentaux de Costa et Sebastián-Gallés (1998), Ferrand et Seguí (1998) ou Sevald, Dell et Cole (1995). Ces travaux font notamment écho au modèle de Dell (1986) selon lequel les mots seraient déjà syllabifiés dans le lexique, la récupération des mots ne s'effectuant pas uniquement sur la base du contenu phonologique des syllabes (i.e., *chunks*) mais aussi sur la base de leur structure abstraite (i.e., schémas). À l'inverse, certains modèles (e.g., Levelt, Roelofs & Meyer, 1999 ; pour une synthèse, voir Levelt, 2001) défendent le point de vue selon lequel la production de mots parlés reposerait sur un processus de syllabification (i.e., les mots ne seraient donc pas représentés dans le lexique sous une forme syllabifiée, et ce, en s'appuyant sur le processus de resyllabification de la parole continue). Pourtant, la syllabe jouerait un rôle en production de parole à l'interface entre l'encodage phonologique et un encodage phonétique qui inclut la computation des gestes articulatoires (Cholin et al., 2006). Ainsi, la syllabe serait générée *à la volée* sur la base du contexte. Comme le soulignent Seguí et Ferrand (2000), le regroupement des différents résultats obtenus sur le rôle de la syllabe en production de parole permet principalement « *de conclure à l'existence d'un modèle mixte de la syllabe, dans lequel les syllabes correspondent à la fois à des schémas (structure abstraite) et à des chunks (contenu phonologique [...])* » (Seguí & Ferrand, 2000, p. 116).

4. État des recherches en reconnaissance visuelle

4.1. Arguments expérimentaux

Depuis les travaux princeps en anglais de Spoehr et Smith (1973) ayant mis en évidence un avantage pour la détection de mots monosyllabiques comparativement à des mots bisyllabiques (i.e., avantage interprété en terme de traitement séquentiel syllabe par syllabe), les travaux sur l'implication de la syllabe en reconnaissance visuelle ont été considérables. Les études de Prinzmetal, Hoffman et Vest (1991) et Prinzmetal, Treiman et Rho (1986) se sont appuyées sur le paradigme des conjonctions illusoires⁶ (Treisman & Schmidt, 1982) pour étudier l'implication éventuelle des unités infralexicales syllabiques dans la reconnaissance d'items bisyllabiques en anglais. Les sujets devaient détecter une lettre-cible dans des mots et pseudomots bisyllabiques de cinq lettres brièvement présentés et scindés selon une règle particulière. En effet, la frontière syllabique était déterminée par deux couleurs différentes qui correspondaient ou non au découpage syllabique naturel de mots VC.CVC ou CVC.CV (e.g., **VOD.KA** ou **VOD.KA**). Les mots sélectionnés avaient une frontière syllabique qui tombait systématiquement entre les consonnes du cluster consonantique (e.g., D.K) afin de se prémunir du phénomène d'ambisyllabité. Les analyses, basées sur le nombre d'erreurs de report de la couleur de la lettre-cible, ont mis en évidence un nombre d'erreurs plus important respectant la frontière syllabique aussi bien avec les mots qu'avec les pseudomots, ce qui atteste de la nature prélexicale de l'effet syllabique. En d'autres termes, la couleur de la lettre-cible était moins bien rapportée (i.e., plus d'erreurs) quand celle-ci ne correspondait pas à la couleur de la syllabe à laquelle elle appartenait (e.g., **VODKA**) par rapport à la condition où couleur et découpage syllabique étaient superposés (e.g., **VODKA**). Pour les auteurs, ces erreurs renvoient à un groupement des lettres en unité syllabique. Cependant, l'effet syllabique ne serait possible que lorsque la frontière syllabique est déterminée d'un point de vue orthographique et phonologique. La syllabe phonologique seule serait insuffisante. La syllabe orthographique serait alors l'unité pertinente dans les traitements visuels. Si leurs résultats ont permis de spécifier la nature syllabique – orthographique – des unités utilisées en reconnaissance visuelle de mots, des critiques ont rapidement été formulées,

⁶ Une conjonction repose sur l'assignation d'une couleur à une lettre-cible présentée au sein d'un mot. Une conjonction illusoire est une erreur d'encodage perceptif de l'information visuelle. Compte tenu de la brièveté de la présentation, les sujets ont une perception biaisée de la couleur de la lettre-cible. Ils tendent à attribuer à la lettre-cible une couleur différente de celle vue réellement. L'objectif d'un tel paradigme est de contraindre le système perceptif à commettre des erreurs. L'étude de la nature de ces erreurs permet de déduire le type d'unité segmental privilégié lors de traitements visuels.

notamment par Seidenberg (1987). Ce dernier a émis l'hypothèse que la détection de séquences syllabiques dans l'expérience de Prinzmetal et al. (1986) était biaisée par un phénomène de *redondance orthographique* (i.e., *orthographic redundancy*) et par une chute de la *fréquence du trou bigrammique* à la frontière syllabique (i.e., *bigram through frequency*). Plus précisément, la *redondance orthographique* renverrait au fait que les lettres d'une syllabe seraient plus fréquemment associées que celles chevauchant la frontière syllabique. Selon l'auteur, la segmentation ne serait efficace que dans la mesure où un cluster consonantique comme *DK* présenterait une plus faible cohésion orthographique à la frontière syllabique que les autres segments. Le segment *DK* bénéficierait d'une chute fréquentielle plus importante que *VO* ou *KA*, ce qui servirait d'indice pour déclencher une segmentation spécifique des mots. Néanmoins, Rapp (1992) en anglais et Carreiras, Álvarez & De Vega (1993) en espagnol se sont attachés à vérifier cette hypothèse statistique et ont confronté leurs résultats à ceux de Seidenberg (1987). Les données ont conclu que les effets syllabiques apparaissaient indépendamment de la chute de fréquence au niveau du cluster intervocalique.

Doignon et Zagar (2005) se sont également servis du paradigme des conjonctions illusoires afin de déterminer si, en français, la position du trou bigrammique (caractéristiques orthographiques) ou la position de la frontière syllabique (caractéristiques phonologiques) influençaient l'utilisation de la syllabe comme unité de traitement visuel. Les auteurs ont manipulé dans trois expériences des mots bisyllabiques et plus spécifiquement la position du trou bigrammique et de la frontière syllabique. En s'appuyant sur la localisation du trou bigrammique et des frontières syllabiques *naturelles*, un ensemble de conditions a été obtenu (e.g., pour les mots *loger* et *privé*, la segmentation était congruente entre le trou bigrammique et la frontière syllabique, i.e., *lo.ger* et *pri.vé* ; pour les mots *nasal* et *chute*, selon le trou bigrammique, la segmentation s'effectuait en *nas.al* et *pr.ivé* alors que selon la frontière syllabique, la segmentation s'opérait en *na.sal* et *pri.vé*). Globalement, les résultats aux trois expériences sont intéressants à plus d'un titre. Effectivement, la conclusion qui a été tirée était que le traitement visuel des mots reposerait sur une activation concomitante des caractéristiques orthographiques et phonologiques. En réalité, cette conclusion s'appuyait sur le fait que les auteurs ne sont pas parvenus à dissocier les deux types d'informations et à isoler l'unité impliquée dans la détection visuelle de la lettre-cible. Les auteurs ont alors proposé que la syllabe phonologique et les caractéristiques statistiques orthographiques soient impliquées en reconnaissance visuelle de mots.

Rouibah et Taft (2001) ont testé le rôle de la syllabe phonologique, comparée au BOSS (Taft, 1979) et au BOSS plus une lettre (e.g., SQUE comparé à SQUEL et à SQUELE pour le mot SQUELETTE) en français. Leurs résultats indiquaient un avantage éloquent du BOSS : les sujets mettaient plus de temps à reconnaître que la syllabe et le BOSS plus une lettre formaient le début

d'un mot. Les auteurs ont donc conclu que le BOSS, et le *Principe de la Coda Maximale* (i.e., *Maximal Coda Principle*, Taft & Radeau, 1995), était une unité de reconnaissance visuelle de mots plus efficace que la syllabe phonologique et le Principe d'Attaque Maximale. De manière semblable, Marcus Taft (2001 ; 2002 ; Taft, Álvarez & Carreiras, 2007) a montré en anglais un recours contrasté aux unités de lecture. L'utilisation du BOSS était fortement corrélée au niveau de compétences en lecture. En d'autres termes, seuls les meilleurs lecteurs recouraient au BOSS alors que les plus faibles lecteurs s'appuyaient sur la syllabe phonologique.

Pourtant, les recherches effectuées par Ferrand et New (2003) en français ou dernièrement par Stenneken, Conrad et Jacobs (2007) en allemand sur l'effet de longueur de syllabes en décision lexicale (mais aussi en production) ont particulièrement maintenu le recours à la syllabe phonologique dans les traitements visuels. Mais dans les deux études, l'effet de longueur de syllabes n'a été observé qu'avec les mots peu fréquents, jamais avec les mots fréquents. Enfin, le dernier point commun entre ces deux études menées dans deux langues différentes est l'utilisation conjointe des unités syllabiques aussi bien en décision lexicale qu'en production de mots.

Les résultats précédents sont compatibles, dans une certaine mesure, avec les données obtenues par Colé, Magnan et Grainger (1999) dans une tâche de détection visuelle de lettres à l'initiale de mots. Ce paradigme est une adaptation en modalité visuelle du paradigme de Mehler et al. (1981). En français, dans cette expérience, les résultats étaient assez évidents : avec les mots peu fréquents, les auteurs ont observé l'effet de compatibilité syllabique (i.e., les cibles CV étaient détectées plus rapidement à l'initiale de mots CV que CVC et inversement réciproque pour les cibles CVC) tandis qu'avec les mots fréquents, un effet de longueur de cible émergeait, à savoir que les cibles CV étaient détectées plus rapidement quelle que soit la structure initiale du mot (i.e., procédure purement orthographique). En résumé, pour traiter des mots peu fréquents, le lecteur aurait recours à un code phonologique syllabique alors qu'un code orthographique global serait requis pour traiter les mots fréquents. De manière contradictoire, Ferrand et al. (1996) ont réutilisé, auprès de Français, leur paradigme d'amorçage masqué dans une tâche de décision lexicale sans output articulatoire. Dans cette condition expérimentale, aucun effet de compatibilité syllabique entre l'amorce et la cible n'a émergé. Leur conclusion, en comparant les deux tâches, a été de stipuler que les syllabes ne seraient impliquées que lorsqu'un output phonologique est requis, c'est-à-dire en production de parole (pour un effet de compatibilité syllabique avec le même paradigme, mais en allongeant les temps de présentation de l'amorce, voir Gotor, Perea & Algarabel, 1995 ; pour des effets contraires, voir Brand et al., 2003).

Álvarez, Carreiras et Perea (2004) ont aussi montré des effets syllabiques de nature phonologique en espagnol dans des tâches de décision lexicale en utilisant un paradigme d'amorçage masqué. Dans une première expérience, les résultats ont mis en évidence des temps

de réponse plus courts pour l'amorçage où le recouvrement est congruent et basé sur la syllabe phonologique et orthographique (e.g., *ju.nas* avec *ju.nio*) plutôt que lorsque le recouvrement est incongruent (e.g., *jun.tu* avec *ju.nio*). Dans une seconde expérience, que le recouvrement soit phonologique et orthographique (e.g., *vi.rel* avec *vi.rus*) ou simplement phonologique (e.g., *bi.rel* avec *vi.rus*), les effets d'amorçage syllabique sont présents. Enfin, dans une troisième expérience, un recouvrement phonologique (e.g., *bi.rel* avec *vi.rus*) engendre des effets d'amorçage syllabique plus brefs en comparaison de *fi.rel* avec *vi.rus* et de *vir.ga* avec *vi.rus*. L'ensemble de ces expériences a amené les auteurs à interpréter les résultats en faveur d'une intervention prépondérante et massive de la syllabe phonologique.

L'hypothèse d'un effet syllabique phonologique a également été mise en évidence dans une autre étude de Carreiras et al. (2005a). L'expérience conduite en amorçage phonologique de mots bisyllabiques en français par des pseudomots qui partageaient la première ou bien la seconde syllabe du mot a révélé un effet de recouvrement uniquement concernant la première syllabe, que ce soit en décision lexicale ou en prononciation. Les auteurs ont ainsi conclu que non seulement la syllabe est une unité fonctionnelle pertinente à l'écrit en français, mais aussi que pour les mots plurisyllabiques, les codes phonologiques étaient activés séquentiellement et non parallèlement.

Enfin, l'étude récente de Gross, Treiman et Inman (2000) en anglais est venue accréditer l'importance des caractéristiques d'organisation syllabique dans des pseudomots monosyllabiques (i.e., le respect des profils de sonorité dans une tâche de détection de lettres). Leur recherche a permis de montrer qu'une lettre était mieux et plus vite détectée quand la rime était cohérente avec les principes de sonorité énoncés par exemple, par Clements (1990), c'est-à-dire la présence d'une consonne plus sonore précédant une consonne moins sonore. (e.g., le *t* dans *vult* était plus facilement repéré que dans *vuct*). À partir de cette étude, les travaux en français de Bedoin et Dissard (2002) et de Fabre et Bedoin (2003) ont montré la même sensibilité aux propriétés d'organisation interne de la syllabe dans des mots bisyllabiques. En d'autres termes, les lecteurs français sont plus performants pour détecter des lettres-cibles en frontière syllabique uniquement lorsque les règles phonotactiques sont respectées et que le profil de sonorité est optimal (e.g., le *t* dans *vulti* était plus vite détecté que dans *vucti*). Ces constats en détection visuelle de lettres rejoignent les conclusions tirées par Content et al. (2001a) quant au rôle de la sonorité, notamment de la sonorité de la consonne postvocalique (i.e., de meilleures performances étaient obtenues uniquement lorsque la consonne postvocalique était une consonne liquide). Ces données sont informatives, car elles rendent compte de l'importance de caractéristiques structurales fines de la langue dont le rôle n'avait été mis en évidence jusque-là qu'en perception de la parole alors qu'en réalité, leur intervention s'appliquerait aussi en modalité visuelle. Ces données pourraient

ainsi expliquer les raisons de l'apparition d'un effet de la syllabe phonologique et/ou orthographique. Mais ces résultats, restreints, nécessitent davantage d'études.

4.2. Effets de variables psycholinguistiques

Alors que les effets de fréquence lexicale en reconnaissance visuelle de mots sont robustes et largement documentés dans de nombreuses langues du monde (i.e., les mots fréquents sont détectés plus rapidement que les mots peu fréquents ; pour une revue détaillée, voir Ferrand, 2001)⁷, les effets de fréquence syllabique en lecture silencieuse⁸ ont été considérablement – et essentiellement – étudiés en espagnol (e.g., Álvarez, Carreiras & De Vega, 2000 ; Álvarez, Carreiras & Taft, 2001 ; Carreiras et al., 1993 ; Carreiras & Perea, 2002 ; Carreiras & Perea, 2004b ; Dominguez, De Vega & Cuetos, 1997 ; Perea & Carreiras, 1998). De manière convergente dans ces études, les données mettent en exergue des effets inhibiteurs des syllabes initiales fréquentes, indépendamment de la fréquence des mots, alors que les syllabes peu fréquentes engendrent des latences de réponse plus courtes. Ces observations récurrentes ont donné lieu à une interprétation en termes de compétition lexicale. Selon Manuel Carreiras et ses collaborateurs, les syllabes initiales fréquentes activeraient plus de mots dans le lexique. Les effets d'interférences provoqués pour les mots possédant une syllabe initiale fréquente relèveraient d'un effet de compétition entre tous les mots partageant cette même syllabe initiale. Toutefois, ni la fréquence morphémique (Álvarez et al., 2001), ni la fréquence orthographique des syllabes, ni la fréquence et la taille des voisins orthographiques n'étaient confondues avec la fréquence syllabique pour expliquer cet effet (Perea & Carreiras, 1998). Comme l'ont plutôt proposé Perea et Carreiras (1998), la fréquence syllabique elle-même ne serait pas responsable directement des effets inhibiteurs. Plus particulièrement, c'est le nombre de voisins syllabiques de plus haute fréquence que le mot-cible qui serait un prédicteur fiable et puissant des effets inhibiteurs de la fréquence syllabique. Ce n'est pourtant que récemment que la notion de voisins

⁷ De nombreux travaux récents soutiennent l'idée selon laquelle le rôle de la fréquence lexicale est surestimé et que l'âge d'acquisition des mots serait plus pertinent. Bien que l'âge d'acquisition et la fréquence soient étroitement corrélés, les études continuent de s'appuyer majoritairement sur la fréquence lexicale (pour des arguments expérimentaux récents sur les effets de la variable *âge d'acquisition*, voir en français Bonin, Chalard, Méot & Fayol, 2001 ; en anglais Zevin & Seidenberg, 2002).

⁸ Plusieurs études se sont également penchées sur l'enregistrement des données électrophysiologiques sur les effets inhibiteurs ou facilitateurs de la fréquence des syllabes et sur le déroulement temporel des informations phonologiques et orthographiques (voir Carreiras, Mechelli & Price, 2006 ; Carreiras, Vergara & Barber, 2005b ; Goslin, Grainger et Holcomb, 2006 ; Hutzler, Bergmann, Conrad, Kronbichler, Stenneken & Jacobs, 2004) et sur les saccades oculaires (voir Hutzler, Conrad & Jacobs, 2005).

syllabiques a été proposée par Carreiras et al. (1993) pour expliquer les effets inhibiteurs des syllabes fréquentes. D'ailleurs, les auteurs ont formulé l'idée selon laquelle les compétiteurs activés le sont aussi bien à partir des voisins orthographiques que des voisins syllabiques. Comme le décrivent Carreiras et Perea (2004b), « *les voisins syllabiques semblent se comporter comme des voisins orthographiques* » (Carreiras & Perea, 2004b, p. 235). Cette remarque signifie que le phénomène de compétition s'appliquerait tout autant pour les voisins syllabiques que pour les voisins orthographiques, le degré de compétition étant modulé par la fréquence du mot-cible et des candidats potentiels. Concrètement, le voisinage syllabique renvoie à des mots de longueur variable partageant une syllabe en position identique à un mot-cible (e.g., un mot comme *page* activerait ses voisins syllabiques tels que *pape, pagode, palet, pataud...*). Cette définition est directement inspirée de celle proposée pour le voisinage orthographique qui « *correspond à l'ensemble des mots de même longueur partageant toutes les lettres sauf une à la même position avec un mot cible* » (Spinelli & Ferrand, 2005, p. 148) (e.g., le mot *page* a un grand nombre de voisins orthographiques tels que *mage, rage, cage, pige...*).

L'effet d'inhibition d'un voisin de plus haute fréquence est principalement connu via les travaux menés sur le voisinage orthographique sous le nom d'*Effet de Fréquence du Voisinage* (i.e., *Neighborhood Frequency Effect, NFE*, Grainger, O'Regan, Jacobs & Seguí, 1989) dont les tentatives de réplification ont conduit à de nombreux résultats contradictoires. Les données obtenues varient non seulement selon les études, mais aussi selon que l'on s'intéresse à la *fréquence du voisinage* (i.e., la fréquence des voisins orthographiques) ou à la *taille du voisinage* (i.e., nombre de voisins orthographiques pour un mot-cible) (pour une revue détaillée, voir Ferrand, 2001 ; Spinelli & Ferrand, 2005).

Ainsi, certaines recherches ont dégagé des effets facilitateurs de la taille du voisinage (e.g., Sears, Hino & Lupker, 1995) tandis que d'autres n'en ont relevés aucun (e.g., Carreiras, Perea & Grainger, 1997). De même, quelques recherches ont mis en évidence des effets inhibiteurs de la fréquence du voisinage mais pas de la taille du voisinage orthographique (e.g., Carreiras et al., 1997 ; Grainger et al., 1989). Par exemple, Mathey et Zagar (2006) ont utilisé un paradigme de type *go/nogo* en manipulant la typographie de mots français présentés dans une tâche de décision lexicale afin d'étudier l'effet de fréquence du voisinage orthographique. Cette tâche avait déjà été employée par Mathey et Zagar (2000) qui avaient reporté une interaction entre la typographie et la fréquence du voisinage orthographique en termes de temps de réponse. Le changement de typographie permet de faire varier la fréquence du voisinage orthographique (e.g., le mot *ôter* écrit en lettres minuscules n'a pas de voisins orthographiques tandis que le même mot écrit en lettres majuscules – *OTER* – possède au moins un voisin orthographique plus fréquent ; ainsi, garder constante la fréquence du voisinage orthographique au travers de la typographie

impliquait qu'un mot comme *étuve* ait un seul voisin orthographique plus fréquent en lettres minuscules – *étude* – mais également lorsque ce même mot était écrit en lettres majuscules). Mathey et Zagar (2006) ont pu conclure à un effet inhibiteur par nature de la fréquence du voisinage orthographique ce qui est identique aux résultats de Grainger et al. (1989). Plus précisément, l'augmentation des temps de réponse était plus conséquente entre les mots écrits en minuscules et ceux écrits en majuscules uniquement pour les mots avec un voisinage variable, ce qui exclut la présence d'un facteur confondu avec le voisinage orthographique vu que cette différence n'est pas imputable qu'au changement de typographie. En conclusion, les données disponibles sur le voisinage orthographique sont plus nombreuses, mais également plus fragiles : les effets dépendent d'une part, des contrôles réalisés sur des facteurs secondaires (e.g., fréquence des syllabes...) mais aussi du couple précision-vitesse. Dans le dernier cas, il a été montré que les effets inhibiteurs de la fréquence du voisinage orthographique étaient stables lorsque les temps de réponse étaient longs et le pourcentage d'erreurs faible (e.g., Carreiras et al., 1997) tandis que des temps de réponse courts associés à un pourcentage d'erreurs élevé (e.g., Sears et al., 1995) n'engendraient pas d'effets inhibiteurs. L'allongement des temps de réponse couplé à un faible pourcentage d'erreurs pourrait s'expliquer par un accès tardif au lexique permettant de mieux cerner le processus de compétition lexicale.

Ainsi, un nombre non négligeable de travaux, quoique plus restreint, s'est penché sur l'influence de la fréquence des syllabes en décision lexicale essentiellement en espagnol. Ce n'est pourtant que dernièrement en allemand (e.g., Conrad & Jacobs, 2004 ; Conrad, Stenneken & Jacobs, 2006), en français (e.g., Conrad, Jacobs & Grainger, 2007 ; Mathey & Zagar, 2002) et très récemment en anglais (e.g., Macizo & Van Petten, 2007) que des études ont été menées.

Mathey et Zagar (2002) ont examiné en français le rôle de la fréquence lexicale, du voisinage orthographique et du voisinage syllabique (i.e., sur les syllabes initiales) dans une tâche de décision lexicale, inspirée des travaux précédents de Perea et Carreiras (1998) en espagnol. Dans leur expérience, une syllabe fréquente pouvait apparaître en initiale de mots fréquents ou peu fréquents et une syllabe peu fréquente pouvait constituer l'initiale de mots fréquents ou peu fréquents. D'autre part, la moitié des mots possédait au moins un voisin orthographique alors que l'autre moitié n'en comportait aucun. L'originalité de leur expérience reposait, notamment, sur l'utilisation de bases de données de fréquences lexicales récentes et mises à jour (i.e., Lexique, New, Pallier, Ferrand & Matos, 2001), en abandonnant une base de données de fréquences lexicales plus ancienne (i.e., Brulex, Content et al., 1990). Leurs données validaient un effet inhibiteur du voisinage syllabique de plus haute fréquence aussi bien sur le nombre d'erreurs que sur les temps de réponse, conformément aux résultats de Perea et Carreiras (1998). De plus, dans

l'étude de Perea et Carreiras (1998), une corrélation entre l'effet inhibiteur de la fréquence syllabique et le voisinage syllabique de plus haute fréquence avait été obtenu (voir Álvarez et al., 2001), le premier étant attribuable au second. Bien que similaires aux résultats de Perea et Carreiras (1998), leurs résultats n'indiquaient pas d'interactions entre voisinages orthographiques et syllabiques. Les auteurs ont suggéré l'existence de deux lexiques distincts, l'un orthographique, l'autre phonologique, chacun renvoyant aux activations de leurs voisinages respectifs.

En revanche, une réponse intéressante a été apportée par Mathey, Zagar, Doignon et Seigneuric (2006) en français sur l'étude des liens potentiels entre fréquence bigrammique (aspect orthographique) et fréquence du voisinage syllabique (aspect phonologique) dans des tâches de décision lexicale. Lorsque la fréquence bigrammique était élevée, le voisinage syllabique était inhibiteur, mais lorsque la fréquence bigrammique était basse, le voisinage syllabique avait des effets facilitateurs. L'hypothèse proposée par les auteurs serait que l'activation des syllabes phonologiques serait influencée et conditionnée préalablement par l'activation des lettres, ce qui validerait complètement l'intervention d'une étape intermédiaire de représentations syllabiques. Formulé différemment, l'effet inhibiteur du voisinage syllabique en français serait contraint par les cooccurrences orthographiques. Selon Mathey et al. (2006), les unités syllabiques et les propriétés de cooccurrences orthographiques seraient deux éléments utilisés conjointement avant que la reconnaissance visuelle des mots ne soit achevée. La redondance orthographique serait alors un facteur influent sur le rôle de la syllabe (voir aussi Seidenberg, 1987). Ces données demeurent ainsi pleinement compatibles avec les résultats de Dominguez et al. (1997) en espagnol qui avaient trouvé un effet conjoint de la redondance orthographique et de la fréquence syllabique dans une tâche de décision lexicale avec amorçage. En espagnol, avec un paradigme de décision lexicale avec amorçage, Carreiras et Perea (2002) avaient également montré un effet d'amorçage syllabique inhibiteur lorsqu'un mot-cible (e.g., BONO) était précédé d'un mot-amorce dont la fréquence du voisinage syllabique était plus élevée (e.g., boca) par rapport à un mot-amorce non-relié (e.g., caia). Toutefois, l'effet était facilitateur quand le même mot-cible était précédé par un pseudomot-cible (e.g., bopa) comparativement à un pseudomot-amorce non-relié (e.g., caya).

Dans une récente étude de Grainger, Muneaux, Farioli et Ziegler (2005), des effets du voisinage phonologique dans une tâche de décision lexicale ont été identifiés comme modulant la manière dont les mots écrits sont reconnus. Cependant, voisinages orthographiques et phonologiques interagissaient. L'effet inhibiteur du voisinage phonologique a été obtenu quand le voisinage orthographique était faible alors qu'un effet facilitateur était observé quand le voisinage orthographique était dense. Ces données rejoignent celles de Yates, Locker et Simpson (2004) qui avaient déjà montré que les mots avec un voisinage phonologique étendu étaient mieux traités que ceux avec un voisinage phonologique restreint. Pour Grainger et al. (2005), les effets de voisinage

phonologique dépendraient du niveau de compatibilité de coactivation des représentations orthographiques et des représentations phonologiques. Cette interprétation fait référence à l'existence possible d'un phénomène de consistance inter-code (i.e., *cross-code consistency*) assimilable aux mécanismes de *feedforward/feedback consistency*. Pour Grainger et al. (2005), les mots avec un faible voisinage orthographique et phonologique ainsi que les mots avec un large voisinage orthographique et phonologique auront une consistance inter-code plus élevée que les mots présentant un déséquilibre des voisinages de l'un des codes.

Enfin, les expériences récentes qui ont été menées par Conrad et al. (2007) en reconnaissance visuelle de mots en français. Cette étude, très complète, a tenté de comprendre les effets syllabiques massivement obtenus en espagnol en manipulant les fréquences syllabiques d'un point de vue phonologique et orthographique qui, selon les auteurs, avaient toujours été confondues. En analysant de manière dissociée la fréquence syllabique orthographique et phonologique, les auteurs ont mis en évidence que les effets inhibiteurs de la fréquence n'étaient imputables qu'à la fréquence de la syllabe phonologique, sans qu'aucun effet de la fréquence orthographique ne produise d'effets significatifs. En manipulant la taille du voisinage orthographique et phonologique de la syllabe initiale, les auteurs n'ont pu observer d'effets inhibiteurs que pour les voisins phonologiques. Enfin, en décryptant les effets de la fréquence syllabique phonologique conjointement aux effets de la fréquence des mots, les données ont orienté les auteurs vers un effet *isolé* de la fréquence syllabique : plus la fréquence de la syllabe initiale était élevée, plus les temps de réponse étaient lents. En revanche, les effets de la fréquence syllabique étaient plus conséquents en initiale de mots peu fréquents que de mots fréquents. En résumé, l'effet de fréquence syllabique semblerait être de nature phonologique plutôt qu'orthographique et que, conformément à de précédentes données (e.g., Colé et al., 1999), la syllabe définie sur un plan phonologique pourrait être l'unité de traitement pertinente du français en reconnaissance visuelle de mots.

5. Conclusion

Les résultats expérimentaux issus des travaux chez l'adulte sont loin d'être limpides, mais révèlent plutôt des controverses assez marquées. En réalité, il est important de constater qu'il n'y a pas de véritable consensus d'une étude à l'autre sur la systématisme du recours aux syllabes bien que les chercheurs s'accordent de plus en plus à reconnaître l'intervention d'un code syllabique qui varierait selon la langue, la modalité perceptive, le délai d'encodage...

Par ailleurs, après avoir longtemps considéré la syllabe comme unité pertinente pour la classification de la parole (e.g., Mehler et al., 1981 ; Seguí et al., 1990), les données récentes

abondent dans le sens d'une syllabe en tant qu'unité de segmentation de la parole (e.g., Content et al., 2001b ; Cutler et al., 2001 ; Jansma & Schiller, 2004). Si les caractéristiques lexicales (e.g., fréquence), phonologiques, phonotactiques ou acoustiques apparaissent comme déterminantes dans les stratégies de segmentation, il semblerait que d'autres éléments puissent moduler l'apprentissage de la lecture et l'utilisation d'unités spécifiques.

Concernant l'écrit, l'une des observations majeures et redondantes des études insiste sur l'aspect inhibiteur des syllabes initiales fréquentes des mots en décision lexicale alors qu'elles sont facilitatrices en production de mots (Carreiras & Perea, 2004a ; voir Conrad et al., 2006 pour des effets inhibiteurs en allemand dans les deux conditions). En revanche, le rôle du voisinage orthographique demeure beaucoup plus obscur. Il apparaît être contraint par la langue, la tâche et le contrôle strict des facteurs. Cependant, l'introduction et la combinaison de ces deux indices, complémentaires, permettent de rendre compte dans une certaine mesure des effets inhibiteurs ou facilitateurs de la fréquence lexicale et/ou syllabique. Enfin, l'un des points centraux de ces diverses recherches concerne l'aspect dissociatif de l'intervention d'informations orthographiques et phonologiques qui laisse de nombreuses questions en suspens.

Un de nos objectifs est de définir si la syllabe est une unité phonologique utilisée par les adultes français en lecture silencieuse au travers de deux paradigmes distincts (i.e., paradigme des conjonctions illusoire et tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots) tout en essayant de mieux comprendre le rôle potentiel des caractéristiques linguistiques du français et de facteurs tels que les fréquences syllabiques et lexicales.

6. Synthèse du Chapitre 2

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés aux données empiriques ayant testé le rôle de la syllabe chez l'adulte. Nous avons présenté des travaux issus de plusieurs langues, en insistant spécifiquement sur le cas du français, dans différentes modalités de traitement du langage (i.e., perception auditive, production orale, traitement visuel). Nous avons par ailleurs défini et explicité des notions importantes dans les traitements de l'écrit comme la fréquence syllabique, le voisinage orthographique et syllabique... Notre revue de la littérature nous a permis de dresser un constat qui vient renforcer celui tiré à l'issue du Chapitre 1 : la syllabe est une unité de première importance, mais son recours est largement tributaire des caractéristiques de la langue étudiée.

Nous observons ainsi que la syllabe n'est pas systématiquement une unité contactée pour une langue donnée. Les cas de l'anglais et du néerlandais sont d'ailleurs très représentatifs de ces controverses. Aucun résultat harmonieux n'est retrouvé d'une étude à l'autre, d'une modalité à l'autre. Comme cela avait été suggéré dans le Chapitre 1, les caractéristiques rythmiques, orthographiques et phonologiques sont au premier plan lors de l'implication de la syllabe. Il ressort d'ailleurs que ce sont des langues romanes telles que l'espagnol (e.g., Carreiras & Perea, 2002 ; 2004) et le français (e.g., Content et al., 2001a ; Mathey & Zagar, 2006) qui ont suscitées le plus de travaux sur la syllabe et qui ont recueillies le plus d'arguments en faveur d'un traitement syllabique préférentiel.

Nous avons cependant mis en évidence des difficultés, au sein d'une même langue, pour prouver de manière récurrente l'implication inévitable de la syllabe. En effet, en français, les arguments de Mehler et al. (1981) ont rapidement été contrariés par les travaux de Content et al. (2001b). De même, les travaux de Ferrand et al. (1996) n'ont révélé une implication de la syllabe que dans l'une des tâches (i.e., production), mais pas dans l'autre (i.e., décision lexicale), indiquant que la syllabe serait une unité nécessaire lorsqu'un *output* phonologique est sollicité.

Enfin, nous avons présenté différentes théories de segmentation qui considèrent essentiellement les aspects rythmiques, ce qui sert à justifier des différences de traitements mis en œuvre par les locuteurs d'une langue donnée. D'ailleurs, la syllabe n'apparaît pas forcément comme l'unité de segmentation dans ces théories ou lorsque celle-ci l'est, la syllabe est contrainte par la position de l'accent (e.g., Cutler & Norris, 1988) ou par la complexité phonotactique à la frontière syllabique (e.g., McQueen, 1998). Toutefois, concernant l'écrit, les données semblent encore plus complexes à interpréter, notamment avec l'introduction des notions de voisinage. Si les résultats sont souvent présentés comme contradictoires dans les effets observés (i.e., inhibiteur ou facilitateur), ils ne rejettent pas le rôle de la fréquence et du voisinage syllabique, notamment en espagnol et en français. Mais son *activation* à l'écrit est ambiguë et il ressort de plus en plus

que la syllabe, d'un point de vue phonologique, ne fonctionnerait pas de manière isolée, mais serait contrainte par les propriétés orthographiques (e.g., Mathey et al., 2006).

Notre présentation résume parfaitement la situation pour ce qui est de l'universalité de la syllabe : à ce jour, celle-ci ne peut pas être considérée comme une unité universelle de traitement. Il est préférable de considérer la syllabe comme une unité privilégiée dans des langues qui disposent d'un système favorisant leur émergence (e.g., français). Il s'avère donc nécessaire d'explorer plus en avant d'autres caractéristiques du français : ses aspects orthographiques et phonologiques qui semblent agir directement sur la maîtrise et le recours à la syllabe chez le lecteur expert et débutant.

CHAPITRE 3

– Les modèles connexionnistes de la lecture –

1. Introduction

Les mécanismes de lecture experte font partie des aspects cognitifs ayant reçu le plus d'attention de la part des chercheurs depuis une trentaine d'années. Depuis les premiers modèles cognitivistes dans les années 70, les recherches se sont essentiellement focalisées sur l'utilisation de réseaux informatiques, les modèles connexionnistes, pour simuler les comportements en reconnaissance visuelle de mots. Ils se sont inspiré des caractéristiques orthographiques et phonologiques des langues pour toujours mieux appréhender le mode de fonctionnement des traitements purement langagiers.

L'intérêt de présenter de tels modèles repose d'une part, sur leurs influences dans l'élaboration de modèles d'apprentissage de la lecture et d'autre part, sur la démonstration qu'il existe à ce jour trop peu de modèles incorporant le niveau syllabique dans l'accès au lexique alors que nous avons pu voir que les preuves d'un traitement syllabique augmentaient progressivement dans pourtant plusieurs langues.

Cependant, compte tenu de la diversité de ces modèles, nous renvoyons les personnes intéressées aux revues récentes plus détaillées de Ferrand (2001) ou de Seidenberg et Plaut (2006) sur tous les aspects théoriques, méthodologiques et expérimentaux.

2. Modèles de lecture « à double voie »

2.1. Modèle à Double Voie en Cascade

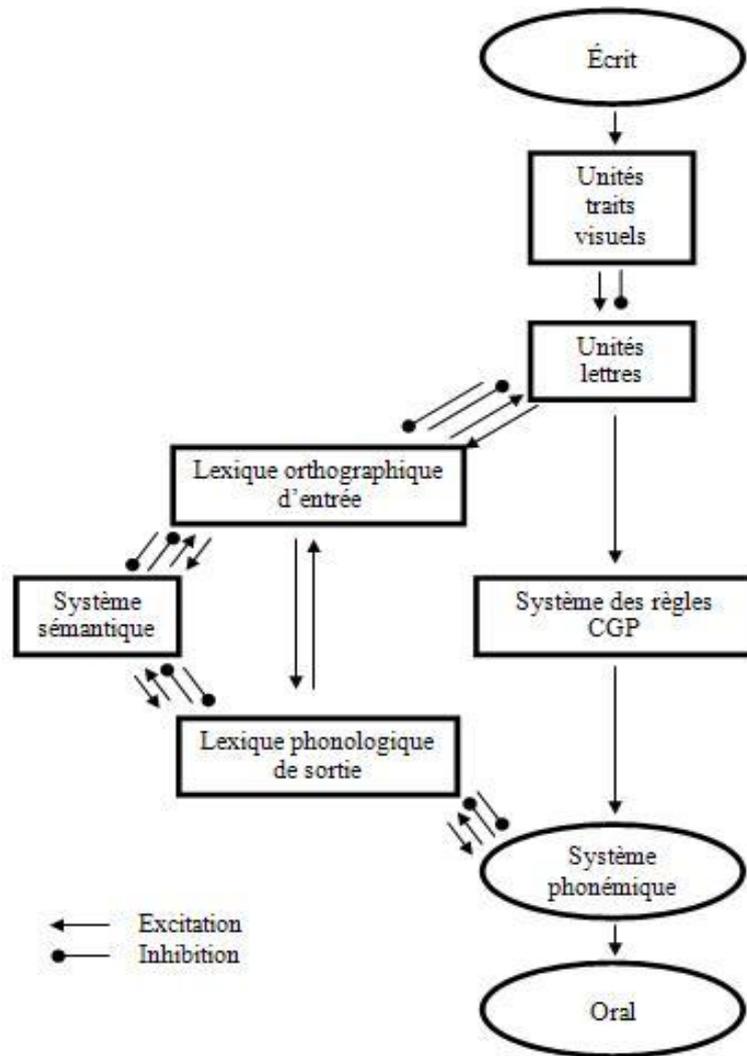
Le modèle cognitiviste de référence, classique, de la *Double Voie* (Coltheart, 1978) assume que la reconnaissance visuelle de mots isolés (et leur prononciation) s'effectue selon deux voies distinctes de traitement, activées parallèlement. Succinctement, la récupération des informations peut se concevoir soit par *adressage*, c'est-à-dire par appariement direct entre la représentation phonologique et la représentation orthographique dans le lexique mental, soit par *assemblage*, c'est-à-dire par segmentation de la représentation orthographique pour construire la représentation phonologique. Dans le premier cas, on parle de voie directe lexicale (ou de phonologie adressée) alors que dans le deuxième cas, on parle de voie indirecte prélexicale (ou de

phonologie assemblée). En lecture silencieuse, le modèle décrit la voie indirecte comme la voie *lente* utilisée pour la mise en correspondances des graphèmes et des phonèmes, voire d'unités plus larges, mais aussi pour traiter les mots longs ou peu fréquents. En revanche, la voie directe est considérée comme la voie *rapide* requise pour le traitement des mots courts et fréquents.

Ici, nous allons plutôt nous intéresser à la version implémentée de ce modèle (Figure 4) en abordant le modèle connexionniste de la *Double Voie en Cascade*⁹ (i.e., *Dual Route Cascade*, DRC, Coltheart, Curtis, Atkins & Haller, 1993 ; Coltheart, Rastle, Perry, Langdon & Ziegler, 2001). Ce modèle permet de simuler la lecture à voix haute et silencieuse de mots monosyllabiques de huit lettres au maximum dans les langues alphabétiques (i.e., ici, le cas de l'anglais). Il est aussi capable d'*apprendre* progressivement des règles de *correspondances graphème-phonème* (i.e., *CGP*) sur la base des mots proposés. Dans le DRC, l'information se propage en cascade d'un niveau à l'autre (i.e., ou plutôt d'un module à l'autre) à partir de représentations symboliques locales (e.g., traits, lettres, phonèmes...). La voie lexicale accède ainsi à la forme stockée en mémoire grâce à des liens bidirectionnels d'activation et d'inhibition graduels. Par contre, la voie prélexicale n'opère que des activations unidirectionnelles. Pour Coltheart et al. (1993 ; 2001), quelle que soit l'entrée visuelle, les deux voies s'activent simultanément et parallèlement avant de converger vers le module de sortie (i.e., le système phonémique). Alors que la voie lexicale effectue un traitement parallèle de toutes les lettres, la voie prélexicale traite les lettres séquentiellement, de gauche à droite. L'avantage de ce modèle est de simuler correctement la lecture de mots à pratiquement 99.99% et de ne faire que 1.07% d'erreurs sur des pseudomots. Le DRC simule également les effets traditionnels de fréquence, de régularité, de pseudohomophonie ou de taille du voisinage lexical et non lexical. Toutefois, ce modèle ne simule pas l'apprentissage de la lecture, il offre plutôt un cadre explicatif aux mécanismes de mise en place d'un système de lecture.

⁹ Les simulations réalisées en allemand (Ziegler, Perry & Coltheart, 2000) ainsi qu'en français (Ziegler, Perry & Coltheart, 2003) ont également reproduit les effets observés en anglais.

Figure 4. Architecture du modèle de lecture DRC, adapté de Coltheart et al. (2001).



2.2. Modèle Connexionniste à Processus Duel+

Bien que n'étant pas réellement un modèle à Double Voie à proprement parler, le récent modèle Connexionniste à Processus Duel+ (i.e., Connectionist Dual-Process+, CDP+, Perry, Ziegler & Zorzi, 2007) propose des innovations ambitieuses. Ce modèle est composé d'une architecture empruntée partiellement au DRC pour la voie lexicale et au CDP (cf. Chapitre 3, Partie 3.4., Zorzi, Houghton & Butterworth, 1998) pour la voie prélexicale. L'idée est de nichier au sein de CDP+ une architecture connexionniste fonctionnant séquentiellement et en parallèle basée sur les meilleures performances et caractéristiques de DRC et CDP, tout en y apportant les modifications nécessaires (Figure 5). En effet, le CDP+ intègre de nouveaux modules spécifiant de gabarits graphémiques et phonologiques. Pour la voie lexicale empruntée à DRC, les auteurs ont conservé les principales caractéristiques sauf pour l'information phonologique de sortie. Ils ont décidé de coder les mots selon un tampon phonologique de sortie structuré en huit *slots*

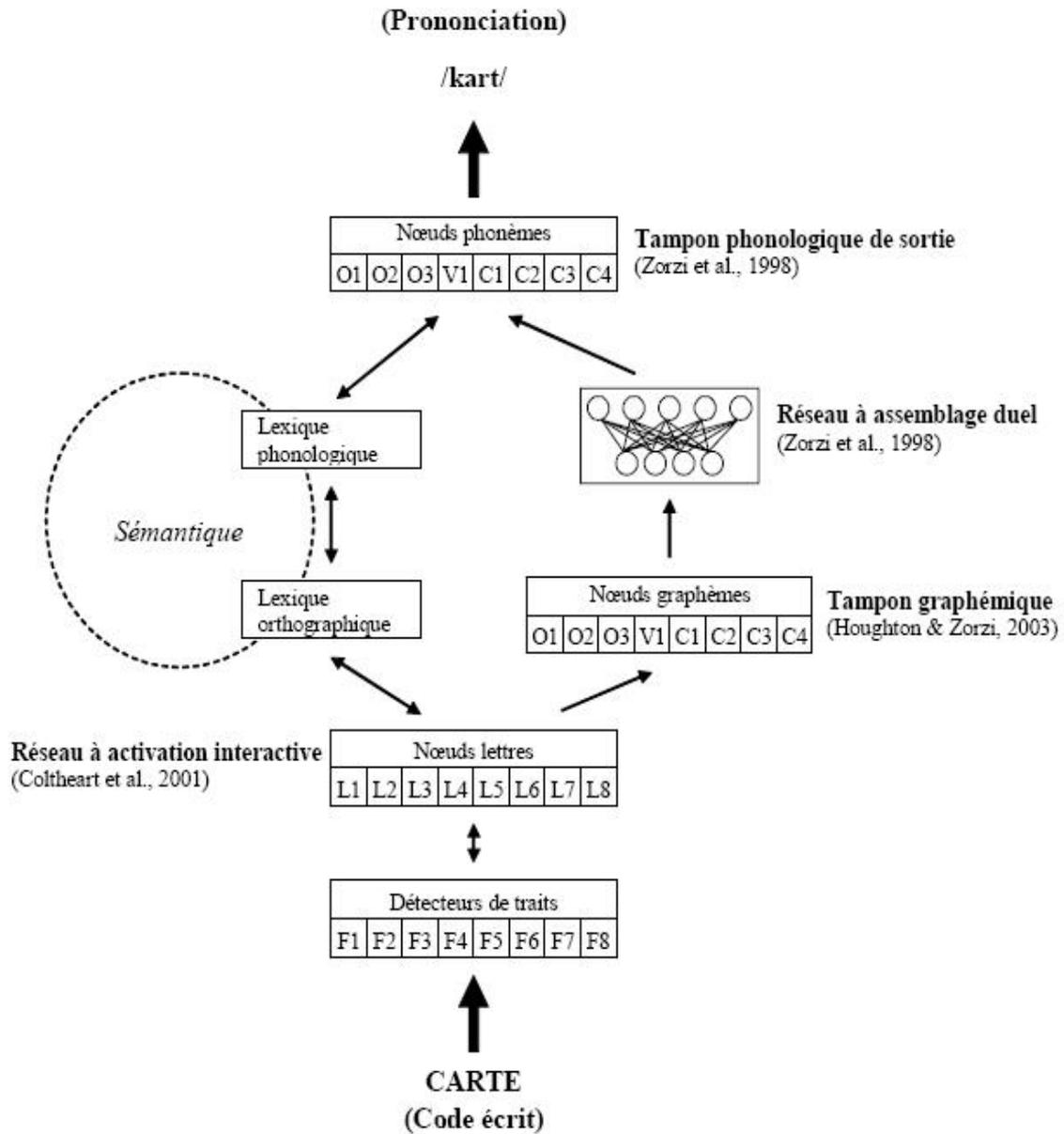
infralexicaux syllabiques reposant sur la séparation en attaque, pic vocalique et coda et capable de transcoder les graphèmes complexes.

Pour la voie prélexicale, Perry et al. (2007) ont implémenté le *Réseau Double Couche de Phonologie Assemblée* (i.e., *Two-Layer network of phonological Assembly, TLA*, Zorzi et al., 1998), couplé, d'une part, à un tampon graphémique intermédiaire (capable d'encoder des graphèmes complexes, typiques en anglais, Perry & Ziegler, 2004) aussi aligné sur huit slots infralexicaux sur un format grapho-syllabique, mais spécifiquement dédié aux traitements orthographiques (Houghton & Zorzi, 2003) et d'autre part, au tampon phonologique de sortie.

La phase d'apprentissage consistait à explicitement enseigner les règles CGP les plus fréquemment rencontrées en condition écologique d'apprentissage de la lecture (voir Hutzler, Ziegler, Perry, Wimmer & Zorzi, 2004). En revanche, l'entraînement s'appuyait sur des mots tirés du corpus CELEX (Baayen, Piepenbrock & Van Rijn, 1993, cités par Perry et al., 2007). Après entraînement, CDP+ a atteint un score de 98.7% de réponses correctes sur les mots prélevés dans CELEX (Baayen et al., 1993, cités par Perry et al., 2007). Testé sur la base de données de pseudomots de Seidenberg, Plaut, Petersen, McClelland et McRae (1994), CDP+ a montré un taux d'erreurs de 6.25%, inférieur au taux d'erreurs observé par Seidenberg et al. (1994) avec des participants humains (i.e., 7.3%). L'intérêt de cette étude a aussi été d'évaluer les résultats obtenus par les simulations d'autres modèles ou par des études comportementales. Succinctement, le réseau CDP+ a notamment été confronté sur une batterie d'effets issus des travaux de Jared (2002 ; consistance, fréquence), Rastle et Coltheart (1999 ; position de l'irrégularité), Reynolds et Besner (2005 ; effets de pseudohomophonie), ou Weekes (1997 ; fréquence, lexicalité, longueur de mots). Les résultats de CDP+ sont impressionnants dans la mesure où ils rendent compte, ou plutôt ils reproduisent, avec précision des comportements observés chez des participants humains et simulent plus exactement les données obtenues par de précédents modèles connexionnistes. Les performances de ce réseau mettent en évidence l'importance de l'implémentation de deux voies de lecture travaillant simultanément, même en lecture experte. De plus, il ressort assez nettement que la précision et la rapidité du réseau pour apprendre certaines régularités (e.g., consistance, position, phonotactique) et les règles CGP reposent sur les modifications apportées aux tampons graphémiques et phonologiques pour spécifier des appariements infralexicaux syllabiques.

Actuellement, le modèle CDP+ fait l'objet d'aménagements et d'apprentissages pour simuler les comportements dans d'autres langues, notamment en français puisque toutes les simulations réalisées jusqu'à présent avec CDP+ portaient sur des mots et des pseudomots monosyllabiques anglais.

Figure 5. Architecture du modèle de lecture CDP+ (Perry et al., 2007).



3. Modèles de lecture « en triangle »

3.1. Modèle à Traitement Parallèle Distribué

Le modèle à *Traitement Parallèle Distribué* (i.e., *Parallel Distributed Processing, PDP*, Seidenberg & McClelland, 1989) ainsi que son extension (Plaut, McClelland, Seidenberg & Patterson, 1996) sont des modèles connexionnistes, successeurs du modèle princeps à *Activation Interactive* (i.e., *Interactive Activation Model, IAM*, McClelland & Rumelhart, 1981) dont les architectures sont inspirées de l'organisation triangulaire séparée des unités orthographiques, phonologiques et lexicales, interconnectées par des connexions activatrices et inhibitrices

bidirectionnelles. À la différence du modèle de McClelland & Rumelhart (1981), les représentations sont distribuées et non localisées.

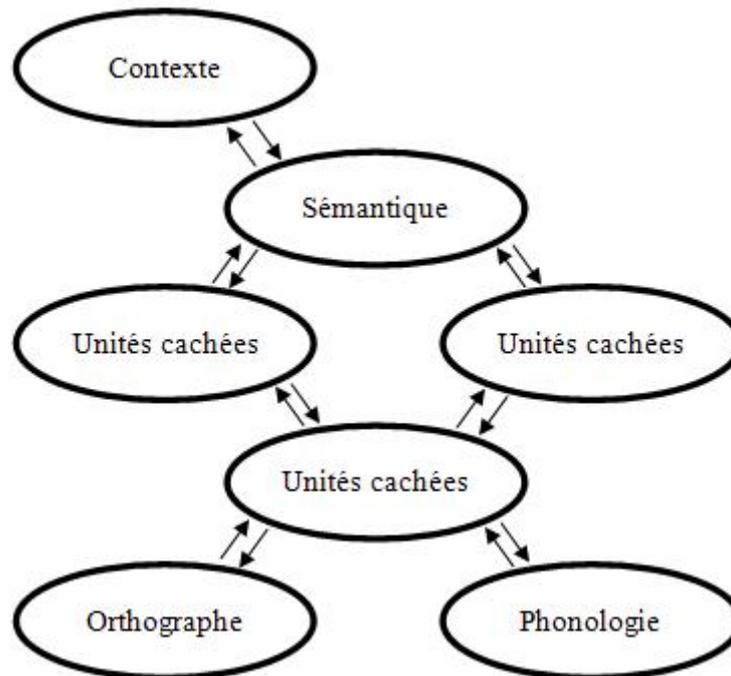
Dans ce type de modèle (Figure 6), l'apprentissage est progressif et permet de modifier les connexions automatiquement entre chacun des niveaux, jusqu'à ce que l'information d'entrée soit en adéquation avec l'information de sortie, car le réseau n'a aucune connaissance préalable. La reconnaissance visuelle d'un mot (anglais et monosyllabique) ou d'un pseudomot et leur prononciation vont impliquer l'activation, par un seul mécanisme, de trois types de codes : orthographique, phonologique (automatique et précoce) et sémantique (non implémenté¹⁰). Chacun de ces codes correspond à des codes d'activations distribuées d'unités cachées, interconnectées et opérant en parallèle. Selon le PDP, les représentations orthographiques, phonologiques et sémantiques ne sont pas stockées dans des lexiques différenciés, mais ce sont les codes d'activations de ces représentations qui vont permettre la lecture des mots par une procédure d'apprentissage implicite *autocorrectrice* (i.e., rétropropagation de l'erreur) des règles CGP, phonotactiques et statistiques, sans l'apprentissage de règles préalables explicites.

Cependant, les partisans des modèles à double voie (e.g., Coltheart et al., 1993) ont vivement critiqué les résultats à cause de performances en lecture de pseudomots faibles, plus faibles qu'avec des humains, mais aussi parce que l'apprentissage est basé sur des unités cachées demeure opaque et enfin, parce que contrairement au modèle, la version implémentée n'établit pas les connexions nécessaires pour que les représentations phonologiques influencent les représentations orthographiques (Ferrand & Grainger, 2003 ; Stone, Vanhoy & Van Orden, 1997). Plaut et al. (1996) ont mis au point une version améliorée du PDP de Seidenberg et McClelland (1989), le réseau *GRAIN* (i.e., *Graded Random Adaptive Interactive Nonlinear*). Plaut et al. (1996) ont abandonné les représentations distribuées pour les remplacer par des représentations symboliques et localisées selon un codage en *slot* représentant les unités infralexicales attaque, pic vocalique et rime. Toujours basé sur une procédure d'auto-apprentissage, mais avec une rétro-propagation de l'erreur notamment graduelle et adaptative, les performances dès lors obtenues en lecture de pseudomots sont accrues, mais ces modifications rompent avec « *la philosophie même*

¹⁰ Dans les simulations menées par Harm et Seidenberg (2004), il est important de souligner que le réseau alors proposé était le premier à effectivement intégrer un niveau sémantique, en plus des niveaux orthographiques et phonologiques. Dans cette étude, l'objectif était de tester la manière dont les mots étaient traités pour accéder à la sémantique (i.e., de l'orthographe à la sémantique ou de l'orthographe à la phonologie à la sémantique). En s'inspirant majoritairement de l'architecture PDP, Harm et Seidenberg (2004) ont, notamment, essayé de simuler le développement du langage chez l'enfant, faisant apprendre au réseau les correspondances entre les unités phonologiques et sémantiques, avant que les unités orthographiques ne soient ajoutées et interconnectées aux deux autres catégories d'unités.

des modèles de traitement parallèle distribué qui, par définition, utilisent des représentations distribuées et non pas locales » (Ferrand, 2001, p. 194).

Figure 6. Architecture du modèle de lecture PDP et GRAIN, adaptée de Seidenberg et McClelland (1989) et de Plaut et al. (1996).

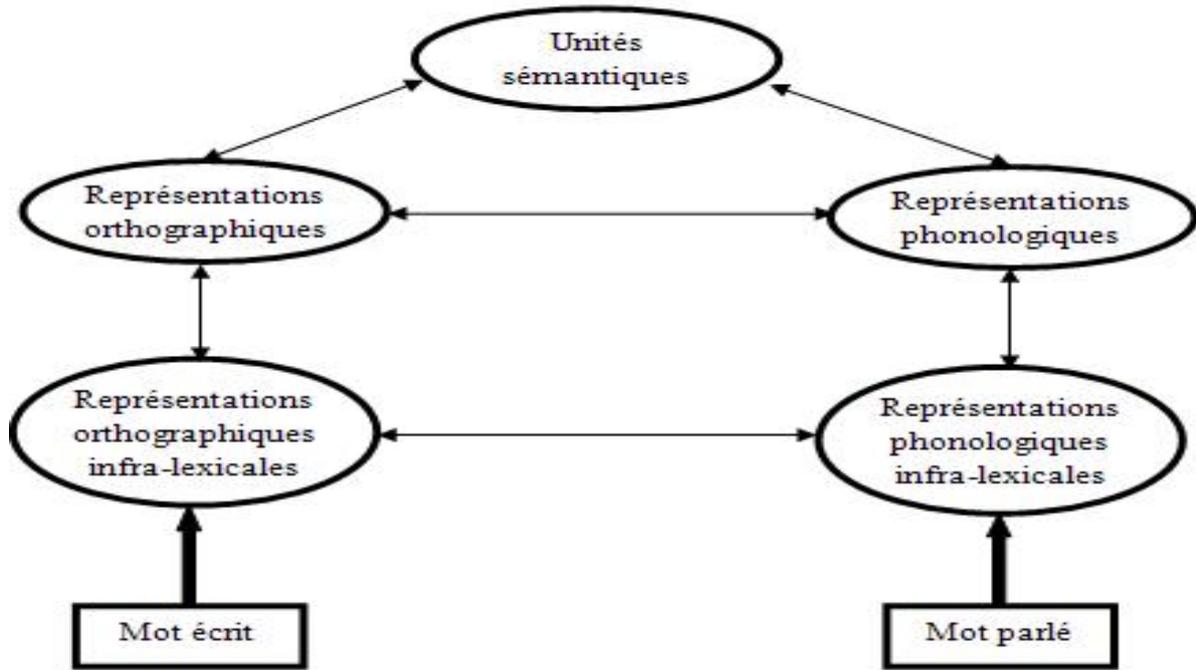


3.2. Modèle de Lecture à Voix Haute incluant la Phonologie

Adaptée des travaux de travaux de Grainger et Jacobs (1996), l'architecture du *Modèle de Lecture Multiple à Haute Voix incluant la Phonologie* (i.e., *Multiple Read-Out Model including Phonology, MROMp*, Jacobs, Rey, Ziegler & Grainger, 1998) constitue une prolongation du modèle IAM en ajoutant aux représentations orthographiques des représentations phonologiques interconnectées (Figure 7), reposant sur des règles CGP pour traiter des mots bisyllabiques anglais de cinq lettres au maximum. L'intérêt de ce modèle est double : il s'agit de l'un des premiers modèles à avoir codé les unités orthographiques en fonction d'unités infralexicales telles que l'attaque, le pic vocalique et la coda. Le réseau propose aussi de coder les unités en fonction de leur position relative dans un mot (i.e., début vs. fin). Enfin, il est à la base du modèle cognitiviste développé par Colé et al. (1999 ; cf. Chapitre 4, Partie 3.4.), spécifiquement dédié à l'apprentissage de la lecture. L'une des principales caractéristiques du modèle de Jacobs et al. (1998) est de considérer que les informations orthographiques et phonologiques entretiennent des liens bidirectionnels, c'est-à-dire qu'elles s'auto-influencent. En effet, le MROMp permet d'expliquer de nombreux résultats expérimentaux où des effets orthographiques sont obtenus lors

de traitements auditifs et inversement (e.g., effets de consistance graphophonologiques et phonographémiques, Stone et al., 1997) grâce à des interconnexions entre les deux niveaux.

Figure 7. Architecture du modèle de lecture MROMp, adapté de Jacobs et al. (1998).

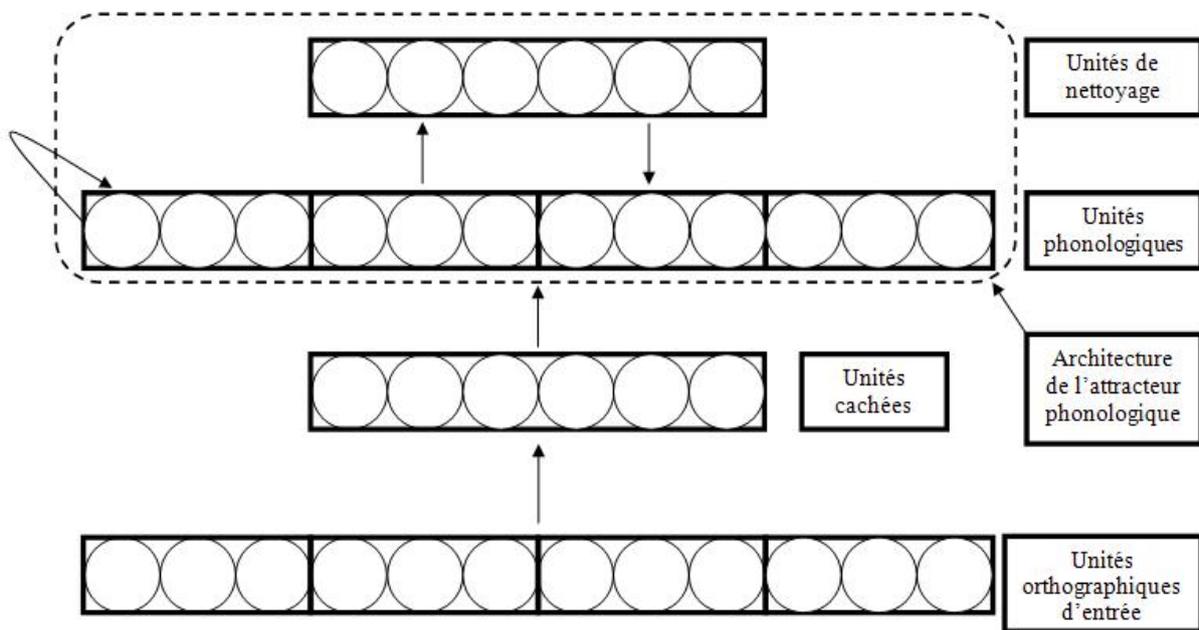


3.3. Modèle de l'Attracteur Phonologique

En s'appuyant sur l'architecture des modèles triangulaires, Harm et Seidenberg (1999) ont proposé des extensions au modèle PDP afin d'étudier spécifiquement l'apprentissage de la lecture, notamment de mots monosyllabiques. L'une des assises principales des auteurs est de considérer que les enfants ont construit un ensemble de représentations, de connaissances avec l'exposition à l'oral. Or, dans les PDP précédents, cet aspect n'avait pas été pris en considération. Harm et Seidenberg (1999) ont donc inclus des représentations phonologiques qui constituaient les connaissances préalables développées par les enfants. Ces représentations phonologiques, considérées comme des *attracteurs phonologiques*, comprennent à la fois les positions et contraintes phonotactiques des phonèmes anglais, mais aussi leurs caractéristiques acoustiques et phonétiques et sont implémentées dans le réseau en tant qu'unités distribuées, interconnectées (Figure 8). L'apprentissage du modèle s'effectue à partir d'un corpus de mots monosyllabiques en mettant en relation l'orthographe et la phonologie, grâce au même mécanisme de rétropropagation de l'erreur que dans les PDP de Seidenberg et McClelland (1989) ou Plaut et al. (1996). L'objectif principal de ces simulations était d'entraîner le modèle à transformer les connaissances phonologiques d'entrée en représentations phonologiques de sortie, via les représentations orthographiques.

Les résultats observés en comparant des simulations avec (avec alternance d'une phase d'apprentissage et d'une phase de lecture) et sans connaissances phonologiques (uniquement avec une phase d'apprentissage) préalables sont similaires. Les taux de réussite en lecture de mots dépassent 90% dans les deux cas et la principale différence réside dans le fait qu'un réseau ne disposant pas d'un stock de connaissances préalables est légèrement plus lent pour apprendre. Un autre constat repose sur l'intérêt du stock de connaissances phonologiques qui permet un traitement efficace à 79% des pseudomots. Cela signifie que les connaissances préalables favorisent les capacités à traiter les correspondances ambiguës ou complexes entre orthographe et phonologie. Enfin, ces simulations mettent en exergue que même sans connaissances phonologiques préalables, un réseau, et par analogie les enfants, peut rapidement et simultanément à l'apprentissage de la lecture extraire des régularités statistiques et des règles de correspondances propres au système de la langue.

Figure 8. Architecture du modèle de l'attracteur phonologique, adapté de Harm et Seidenberg (1999).



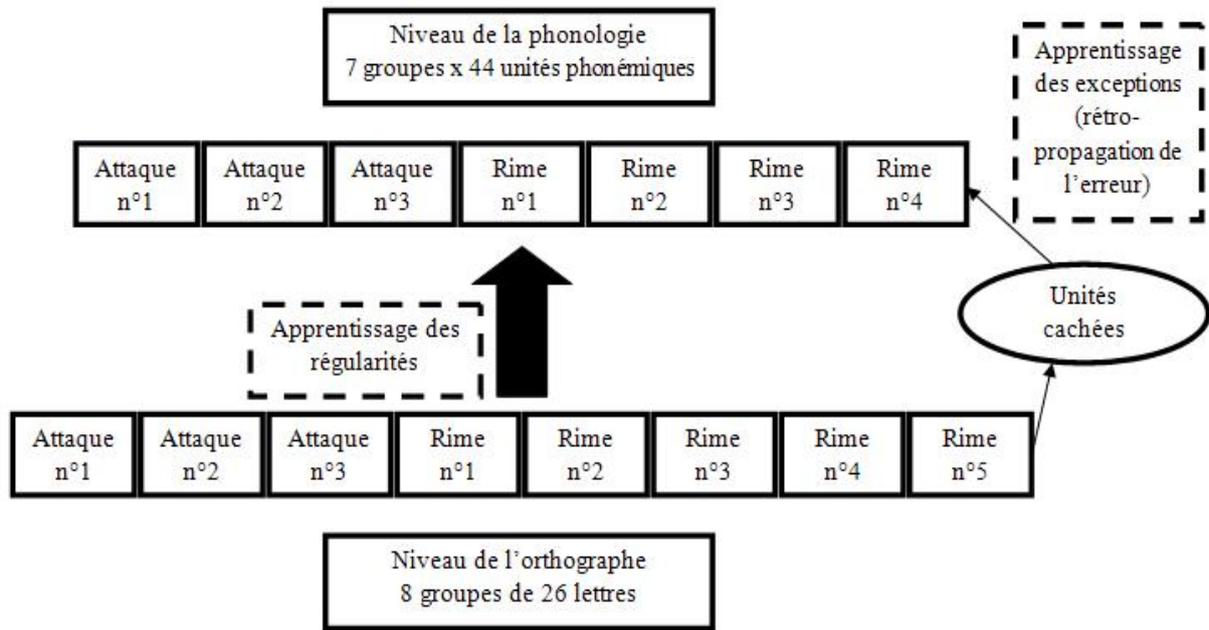
3.4. Modèle Connexionniste à Processus Duel

Le modèle *Connexionniste à Processus Duel* (i.e., *Connectionist Dual-Process*, CDP, Zorzi, Houghton & Butterworth, 1998) est un modèle d'apprentissage associatif de la lecture (Figure 9). Dans une démarche semblable au MROMp, bien que différant dans ses perspectives, le CDP s'est attaché à simuler de manière transparente le fonctionnement des couches d'unités localisées orthographiques et phonologiques en modélisant les unités infralexicales pertinentes en

anglais, à savoir l'attaque et la rime. De ce fait, ce réseau computationnel n'est pas paramétré pour traiter des mots polysyllabiques, uniquement des mots monosyllabiques anglais. Dans un premier temps, Zorzi et al. (1998) ont simulé l'importance du couple attaque-rime dans un TLA à interconnexions directes entre représentations infralexicales orthographiques et phonologiques. Très rapidement (i.e., en termes de cycles d'apprentissage), les simulations reportent respectivement 100% et 88.5% de bonnes réponses pour les pseudomots réguliers et irréguliers. Dans un second temps, l'ajout d'une couche d'unités cachées intermédiaires, facultatives, fonctionnant sur le principe de rétro-propagation d'erreur était censé *corriger* les défaillances observées précédemment en lecture de pseudomots irréguliers en adaptant au plus juste les traitements entre les représentations d'entrée et les représentations de sortie. Cette modélisation s'apparente ainsi fortement aux modèles à deux voies dans la mesure où les traitements sont parallèles entre l'appariement direct des représentations orthographiques et des représentations phonologiques et le passage *optionnel* par la couche d'unités cachées (i.e., apparenté aux mécanismes de médiation phonologique). Après implémentation de la couche cachée, les résultats montrent des performances de 95.3% pour les pseudomots irréguliers.

Comme l'indiquent Zorzi et al. (1998), les réseaux expérimentés dans leur étude se sont comportés différemment et spontanément lors de la mise en correspondance entre orthographe et phonologie. En effet, dans la première phase, le réseau aurait appris via le TLA les correspondances régulières alors que dans la seconde phase, le réseau aurait appris les correspondances irrégulières. Cet état permet aux auteurs d'argumenter en faveur de l'existence de deux voies de lecture, parallèles. Plus spécifiquement, le réseau lirait et prononcerait directement les régularités (seules les CGP simples ayant été apprises) sauf qu'en cas d'irrégularités, ce serait la couche d'unités cachées qui médiatiserait les représentations orthographiques et phonologiques pour lire et prononcer correctement.

Figure 9. Architecture du modèle de lecture CDP, adapté de Zorzi et al. (1998).

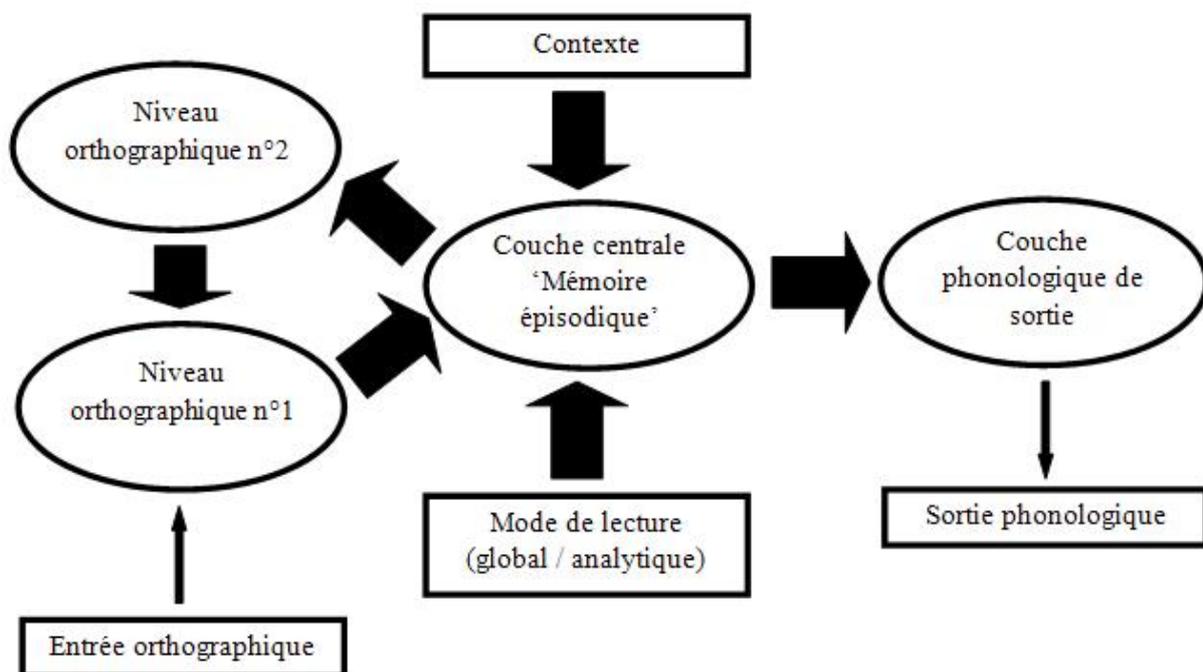


3.5. Modèle de Mémoire à Traces Multiples

Le modèle de *Mémoire à Traces Multiples* (i.e., *Multiple Trace Memory, MTM*, Ans, Carbonnel & Valdois, 1998 ; Juphard, Carbonnel, Ans & Valdois, 2006) reprend l'architecture de base du réseau PDP sauf qu'il s'avère capable de traiter des mots polysyllabiques français. Cependant, le MTM ne défend pas une seule et unique procédure de traitement et s'oppose aux modèles à deux voies en ce sens qu'il prône l'existence d'une seule voie composée de deux procédures, l'une globale et l'autre analytique (Figure 10). Toutefois, ces deux procédures ne fonctionnent pas en parallèle, mais de manière sérielle et ne reposent pas sur l'utilisation des règles CGP (seules les connaissances des lettres avaient été implémentées). La procédure analytique est toujours précédée par la procédure globale, n'intervenant alors que lorsque la première échoue. Comme dans les modèles PDP, ces deux procédures ne font pas de distinction en fonction du type d'items à traiter (i.e., mot ou pseudomot) mais reposent sur une fenêtre visuo-attentionnelle orthographique différente. En d'autres termes, les traitements globaux sont effectués sur la partie non ambiguë la plus large possible de l'item alors que les traitements analytiques vont comparer séquentiellement les syllabes voire même les graphèmes jusqu'à ce que la prononciation soit rendue possible. Tout ce système s'appuie sur cette complémentarité successive temporelle de deux procédures dont l'efficacité rend compte à des excellentes performances du réseau. En lecture de mots mono- et bisyllabiques, 97.52% sont lus globalement et 2.48% analytiquement alors que 77.35% sont lus analytiquement et 22.65% globalement lorsqu'il s'agit de pseudomots.

Les résultats produits par le modèle ont été confortés et enrichis par les travaux de Juphard et al. (2006). Ces auteurs ont montré que les mots de deux syllabes étaient traités plus rapidement que les mots de trois syllabes, ces derniers étant eux-mêmes traités plus rapidement que les mots de quatre syllabes. En prononciation, les pseudomots engendraient des temps de réponse plus longs que les mots. Ce dernier résultat est expliqué par le fait que dans le cas des pseudomots, la procédure analytique s'applique et est donc temporellement plus tardive. Mais cet effet disparaît en décision lexicale, en conformité avec les prédictions du MTM qui ne différencie pas les deux catégories d'items pour, finalement, les traiter par une procédure globale. Une extension possible du comportement du MTM est de stipuler que l'activation de la procédure globale va avoir lieu pour les items fréquents tandis que la procédure analytique va se déclencher pour les items peu fréquents (effet de longueur de mot) (pour des résultats en accord avec les simulations de Ans et al., 1998 ou Juphard et al., 2006, voir Ferrand, 2000 ; partiellement les observations de Ferrand & New, 2003 ; Weekes, 1997).

Figure 10. Architecture du modèle de lecture MTM, adapté de Ans et al. (1998).



4. Natures des traitements de l'écrit

Il est maintenant clairement établi qu'en lecture silencieuse, tous les modèles doivent intégrer en plus d'un codage orthographique, un codage phonologique. C'est ce que nous avons pu observer lors de la présentation des différents modèles connexionnistes de la lecture. Comme l'annonce sans ambiguïté Ludovic Ferrand « *tout modèle actuel de la lecture silencieuse n'incorporant pas un codage phonologique automatique dans son architecture est de facto un*

modèle dépassé et non viable » (Ferrand, 2004, p. 217). De nombreux arguments expérimentaux ont enrichi l'idée d'une intervention précoce, automatique et *quasi* obligatoire d'un code phonologique (e.g., Drieghe & Brysbaert, 2002 ; Frost, 1995 ; 1998 ; Lukatela, Frost, & Turvey, 1998 ; Lukatela & Turvey, 1994). Les premiers arguments qui ont validé l'hypothèse d'une intervention automatique et rapide d'un code phonologique ont été obtenus à partir des travaux sur *l'effet de pseudohomophonie* (e.g., Coltheart, Davelaar, Jonasson & Davelaar, 1977) dans une tâche de décision lexicale. Il s'agit-là d'une difficulté pour rejeter des pseudomots qui se prononcent comme de vrais mots (e.g., *frain*) et initialement dérivés de vrais mots (e.g., *frein*), comparativement à des pseudomots proches orthographiquement (e.g., *drein*)¹¹. Alors que le pseudohomophone *frain* activerait l'entrée phonologique du mot *frein*, l'entrée orthographique catégoriserait le pseudohomophone comme un intrus. Le ralentissement des temps de réponse surviendrait suite à l'intervention d'un mécanisme de vérification orthographique qui induit un délai lors de la résolution du conflit entre l'entrée phonologique et l'entrée orthographique (Rubenstein, Lewis & Rubenstein, 1971). Ce désavantage pour traiter les pseudohomophones en décision lexicale serait une preuve d'activation prélexicale automatique de la phonologie en anglais (voir aussi Perfetti, Bell & Delaney, 1988), mais aussi en néerlandais (e.g., Brysbaert, 2001). Pour Ziegler, Jacobs et Klüppel (2001), l'activation automatique de la phonologie et l'intervention d'un mécanisme de vérification orthographique ne doivent pas être considérées comme deux processus séparés et stratégiques, mais plutôt comme des mécanismes *feedback* et *feedforward*.

Selon Ram Frost (1998), qui soutient une *théorie phonologique forte* (i.e., *strong phonological theory*), le lecteur expert utilise obligatoirement un codage phonologique. Par opposition, une *théorie phonologique faible* (i.e., *weak phonological theory*) défend que le codage phonologique ne soit pas exclusif, mais soit partagé avec un codage orthographique. Ainsi, un modèle comme le DRC (Coltheart et al., 2001) est sans conteste classé dans le courant d'une théorie phonologique faible. D'autre part, pour l'auteur, le codage phonologique sollicité par le lecteur repose sur un code prélexical automatique, sous-spécifié, partiel et parallèle, suffisant dans un premier temps pour accéder au lexique. Ce n'est que le code lexical qui contiendrait l'ensemble des caractéristiques maximales informatives (e.g., sémantiques, orthographiques...) du mot écrit. Ce point de vue est largement étayé par les travaux de Berent et Perfetti (1995). En s'intéressant à la nature des codes phonologiques, les auteurs ont proposé un modèle à deux cycles. Selon leur modèle, le codage phonologique serait structuré via deux

¹¹ Pour des résultats en lecture à voix haute en français, voir Grainger, Spinelli et Ferrand (2000). Les auteurs ont mis en évidence un effet de pseudohomophonie modulé par la fréquence de base des mots à partir desquels les pseudohomophones avaient été dérivés.

opérations successives et distinctes au cours desquelles seraient d'abord activées les consonnes selon un processus automatique, puis les voyelles selon un autre processus lent et contrôlé. Ce modèle s'appuierait largement sur la *régularité* de l'anglais : les consonnes, régulières, seraient plus facilement activées que les voyelles, beaucoup plus irrégulières au niveau des CGP. En résumé, les représentations lexicales seraient activées par le biais d'une activation phonologique prélexicale partielle, rapide et automatique, issue du traitement des consonnes puis suivie du traitement des voyelles.

Comme le rappelle Grainger (2008), la reconnaissance de mots écrits respecte une hiérarchie d'activations, à savoir d'abord orthographique qui coderait l'identité et la position des lettres et ensuite seulement phonologique. Comme l'ont montré les expériences menées avec des paradigmes d'amorçage masqué ou incrémental (e.g., Ziegler, Ferrand, Jacobs, Rey & Grainger, 2000), il existe un décalage temporel différent entre les codes orthographiques qui sont activés prioritairement et les codes phonologiques qui n'émergent que plus tardivement.

Dans tous modèles de reconnaissance de mots écrits, les lettres constituent le niveau de base à l'origine de traitements ultérieurs complexes. Ainsi, les traitements orthographiques ne sont possibles que grâce à un codage positionnel des lettres au sein d'un mot. Cela permet notamment de distinguer deux mots proches orthographiquement (e.g., *patrie* et *partie*). Cette notion de codage positionnel des lettres est à la base des architectures des modèles connexionnistes (e.g., Coltheart et al., 2001 ; Harm & Seidenberg, 2001; Plaut et al., 1996 ; Seidenberg & McClelland, 1989). Cependant, les chercheurs ne s'accordent pas quant à la nature des traitements : parallèle ou séquentielle. Par exemple, un modèle comme le DRC (Coltheart et al., 2001) suggère qu'un traitement parallèle de toutes les lettres n'est possible qu'avec les mots fréquents alors qu'avec les mots peu fréquents et les pseudomots, le traitement est sériel, de gauche à droite. En revanche, un modèle tel que celui élaboré par Plaut et al. (1996) applique un traitement parallèle quelle que soit la catégorie des items en s'appuyant sur des slots définis selon le découpage syllabique (i.e., attaque, pic vocalique et coda). Pour leur part, Seidenberg et McClelland (1989), dans leur modèle, favorisent un codage qui dépend de trigrammes sensés codés un mot (e.g., le mot *porte* dispose des trigrammes #or, por, ort, rte et te#), ce qui a été repris et étendu par Grainger et Van Heuven (2003) qui ont proposé un codage positionnel relatif de bigrammes avec des lettres adjacentes correctement ordonnées (e.g., le mot *talc* est représenté par les bigrammes ta, tl, tc, al, ac et lc) (pour une revue critique, voir Dehaene, 2007). Actuellement, la nature des traitements orthographiques précoces en reconnaissance visuelle de mots tend à converger vers l'existence d'un codage positionnel des lettres dans l'espace (Grainger, 2008 ; voir les travaux de Lupker, Perea & Carreiras, 2008 ; Perea & Carreiras, 2008, sur l'*Effet de Transposition de Lettres*, i.e., *Transposed-Letter Effect*, TLE).

Un indice consiste en la mesure de l'effet de longueur des mots. Il s'agit d'un effet inhibiteur qui survient à mesure que le nombre de lettres d'un mot augmente et censé refléter la mise en œuvre d'un traitement sériel. L'absence d'un effet de longueur de mots est l'effet le plus représentatif d'un traitement parallèle (e.g., Weekes, 1997). Toutefois, l'effet de longueur conduit à des données variables (pour une synthèse, voir New, Ferrand, Pallier & Brysbaert, 2006). Par exemple, Weekes (1997), en anglais, a démontré qu'en lecture à voix haute de mots et de pseudomots de trois à six lettres, l'effet de longueur était inhibiteur pour les mots peu fréquents et les pseudomots, mais pas pour les mots fréquents. De manière semblable, Balota, Cortese, Sergent-Marshall, Spieler et Yap (2004) ou Ziegler, Perry, Jacobs et Braun (2001) ont également apporté des arguments en faveur d'un effet inhibiteur de la longueur des mots. Un autre argument en faveur d'un traitement sériel des mots repose sur la position de l'irrégularité (i.e., la lettre qui ne suit pas les règles habituelles de CGP) dans un mot irrégulier (Rastle & Coltheart, 1999). Selon ces auteurs, plus le point d'irrégularité intervenait tôt dans le mot, plus rapide était la prononciation de ce mot.

Les arguments défendant l'hypothèse d'un traitement séquentiel de gauche à droite ont été tout aussi nombreux que ceux arguant pour un traitement parallèle de toutes les lettres. Les travaux de Kwantes et Mewhort (1999), Lindell, Nicholls et Castles (2003) ou Lindell, Nicholls, Kwantes et Castles (2005) ont également suggéré l'utilisation du traitement séquentiel avec les mots en se basant sur la manipulation de la position du *Point d'Unicité Orthographique* (i.e., *PUO*, *Orthographic Uniqueness Point*, *OUP* ; la position de la lettre qui distingue un mot de tous les autres mots; Kwantes & Mewhort, 1999, p. 377, notre traduction). Les résultats ont montré que les mots ayant un PUO précoce étaient plus rapidement reconnus que les mots ayant un PUO tardif. Ces données ont abouti à défendre l'hypothèse d'un traitement séquentiel dans la mesure où l'hypothèse d'un traitement parallèle énonce que quelle que soit la position du PUO, les temps de traitements seront identiques (pour une critique nuancée, voir Lamberts, 2005).

Ces résultats sont pourtant critiquables sur le fait que l'utilisation de pseudomots entraîne systématiquement plus d'effets de sérialité que le recours à des mots (Ziegler et al., 2001). Enfin, les tâches de lecture à voix haute nécessitent un mécanisme d'articulation beaucoup plus sériel et linéaire (Balota et al., 2004) qu'une tâche de décision lexicale.

5. Conclusion

L'avantage des modèles connexionnistes reste de pouvoir simuler de nombreux effets classiquement présentés dans la littérature. De même, les dernières innovations (e.g., DRC, Coltheart et al., 2001 ; CDP+, Perry et al., 2007) augmentent la flexibilité de ces modèles et

tendent à se rapprocher avec exactitude des données comportementales. Cependant, là où les modèles excellent dans l'implémentation des modules capables de simuler les traitements, ils se limitent à des modélisations restreintes le plus souvent à l'anglais, sur des mots monosyllabiques (mais voir MTM, Ans et al., 1998), en lecture experte à voix haute généralement. Si l'implémentation d'un codage phonologique est pleinement justifiée dans ces modèles, la taille des unités (i.e., graphème, syllabe...) et la nature des traitements ne suscitent pas encore de consensus, comme par exemple entre les partisans d'un traitement sériel gauche-droite et les partisans d'un traitement parallèle.

Comme nous venons de le rappeler, la nature et la structure des processus de CGP posent encore des problèmes. Plusieurs unités ont été proposées dont les graphèmes. Rey, Jacobs, Schmidt-Weigand et Ziegler (1998) ou Rey, Ziegler et Jacobs (2000) ont montré que la détection d'une lettre dans un graphème complexe prend plus de temps que lorsqu'elle est dans un graphème simple (e.g., Rey & Schiller, 2005). C'est la résolution de la compétition entre un graphème complexe et des graphèmes simples qui prend du temps. La mise en correspondance des graphèmes et des phonèmes augmente à cause du délai de regroupement des lettres en graphèmes (Rey et al., 1998). Ainsi, un nombre de graphèmes différent du nombre de lettres dans un mot augmente les temps de réponse.

Enfin, certains de ces modèles demeurent critiquables quant à l'opacité et à l'absence de plausibilité neurobiologique des algorithmes d'apprentissage. Cependant, ils restent d'excellents terrains d'ancrage pour étayer des hypothèses sur la reconnaissance visuelle de mots et, de par leur flexibilité croissante, laissent un vaste champ d'opportunités sur des modélisations d'un point de vue développemental en lecture silencieuse, en français, dans cette langue dominée par des mots polysyllabiques.

Un de nos objectifs est d'apporter des preuves de l'importance de la syllabe phonologique – et des caractéristiques linguistiques – en lecture experte silencieuse en français, ce qui n'est que très peu exploité dans ces modèles qui simulent les mécanismes de lecture à voix haute. Grâce à l'utilisation de deux tâches (i.e., paradigme des conjonctions illusoires et tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots), l'idée est d'apporter des éléments supplémentaires qui justifieraient de la nécessité de prendre en compte le rôle de la syllabe afin d'incorporer un niveau de représentations syllabiques à ces modèles, comme cela a été proposé par Ans et al. (1998).

6. Synthèse du Chapitre 3

Dans ce chapitre, nous avons présenté de manière non exhaustive les modèles connexionnistes de la lecture experte les plus influents. Nous avons ainsi pu distinguer deux grandes catégories de modèles : les modèles dits de la Double Voie (e.g., Coltheart et al., 2001) et les modèles dits Triangulaires (e.g., Plaut et al., 1996). Pour chacune de ces catégories, nous avons présenté les principaux mécanismes de fonctionnement des modèles les plus représentatifs, parfois même à la base de certains modèles cognitivistes d'apprentissage de la lecture (e.g., MROMp, Jacobs et al., 1998). Nous avons insisté, pour chaque modèle, sur la manière dont les codages orthographiques et/ou phonologiques étaient effectués en précisant à chaque fois le type d'unités privilégié (e.g., graphème, phonème...). Nous avons observé que peu – trop peu – de modèles incorporaient un niveau de représentations syllabiques dans leurs architectures, exception faite du modèle MTM d'Ans et al. (1998).

Par ailleurs, bien que *réalistes* dans leurs capacités à simuler des comportements humains et à reproduire certains des effets les plus étudiés en psycholinguistique (i.e., effets de fréquence lexicale, effets de régularité...), tous les modèles ne parviennent pas au même niveau de réussite. Comme nous l'avons vu, cela semblerait être dépendant en partie des codages implémentés et en partie de la nature des unités contactées. Comme l'ont maintes fois suggérées les données comportementales (voir Frost, 1998), la phonologie est indispensable en lecture experte, ce qui *de facto* rend l'implémentation d'un niveau de codage phonologique nécessaire. Toutefois, la nature des traitements demeure un point de controverse entre les partisans d'un traitement séquentiel (e.g., Rastle & Coltheart, 1999) opposé à ceux défendant l'hypothèse d'un traitement parallèle.

L'une des critiques adressées à ces modèles dans ce chapitre pourrait se résumer ainsi : il y a trop de restrictions linguistiques. En d'autres termes, ces modèles, en règle générale, ne sont construits et confrontés qu'avec l'anglais. Cela signifie que ces modèles sont adaptés pour prendre en compte préférentiellement les unités de lecture propres à l'anglais et les données expérimentales obtenues sont majoritairement explicatives des mécanismes potentiellement restreints à la langue anglaise. Heureusement, certains modèles (e.g., DRC, Coltheart et al., 2001 ; CDP+, Perry et al., 2007) se sont proposé de tester leur architecture dans d'autres langues, mais le cas du français reste actuellement minoritaire. Cela peut s'expliquer par le fait que ces modèles n'intègrent pas de niveau syllabique dans leurs architectures alors que des langues telles que le français ou l'espagnol sont connues pour avoir un système linguistique favorisant les syllabes.

L'intérêt indéniable de ces modèles est de pouvoir rendre compte de plus en plus précisément des mécanismes de lecture experte. Cependant, la nature même des unités de codage demeure encore un point de débat. Face à tous ces modèles inspirés de l'anglais, peu de modèles

se sont véritablement imposés en proposant un niveau de codage basé sur la syllabe. Actuellement, les graphèmes voire les bigrammes semblent être de bien meilleurs concurrents pour simuler les processus de lecture. En revanche, l'une des forces de modèles proposant un niveau syllabique est peut-être de pouvoir mieux simuler les comportements dans des langues dont le système linguistique favorise une segmentation syllabique (e.g., en français).

CHAPITRE 4

– Les modèles d'apprentissage de la lecture –

1. Introduction

Depuis une vingtaine d'années, deux principales catégories de modèles cognitivistes ont tenté de rendre compte des procédures mises en œuvre lors de l'apprentissage de la lecture : les modèles développementaux et les modèles interactifs. De conceptions contraignantes en « stades » (e.g., Frith, 1985 ; 1986), les recherches ont évolué vers des architectures aux procédures interactives (e.g., Seymour, 1997 ; Goswami & Bryant, 1990) qui ont intégré le rôle des connaissances implicites développées avant l'apprentissage de la lecture comme facteur pouvant influencer la nature des unités infralexicales utilisées à l'écrit.

Cette partie a pour objet une présentation critique non exhaustive des modèles les plus influents en reconnaissance visuelle des mots lors de l'apprentissage de la lecture. Il s'agit d'exposer les stratégies et processus prônés par ces deux catégories de modèles cognitifs, mais nous renvoyons à l'ouvrage d'Écalle & Magnan (2002a) pour des présentations détaillées.

2. Modèles développementaux

2.1. Introduction

Première catégorie de modèles apparue aux débuts des années quatre-vingt (e.g., Marsh, Friedman, Welsh & Desberg, 1981), ils reposent sur deux caractéristiques générales principales. D'une part, ils s'inspirent directement des modèles Double Voie (e.g., Coltheart, 1978 ; cf. Chapitre 4, Partie 2.1.). Succinctement, à chaque stade du développement correspond l'installation de l'une des voies de lecture disponibles chez le lecteur expert. D'autre part, la conception en « stades » n'est envisagée que de manière séquentielle et stricte dont l'évolution repose sur la maîtrise de compétences transmises via l'enseignement de la lecture. Ni l'existence de connaissances antérieures, ni des interactions entre les différentes étapes du développement ne sont postulées.

2.2. Modèle « à étapes » (Frith, 1985)

L'architecture du modèle d'apprentissage de la lecture à « étapes » de Frith (1985 ; 1986) repose sur l'existence de trois stades d'acquisition des compétences en lecture dont l'ordre de succession est progressif et strictement successif. Le passage d'un stade à l'autre n'est possible que lorsque les habiletés (et procédures de traitement) propres au stade précédent sont parfaitement maîtrisées. Cette évolution, identique pour tous les enfants, est rendue possible sous l'effet de l'enseignement de la lecture. Ces trois stades correspondent à trois procédures, respectivement logographique, alphabétique et orthographique dont les différences reposent sur des changements quantitatifs et qualitatifs des traitements effectués.

L'étape initiale, dite logographique, est caractérisée par une mise en œuvre des traitements exclusivement basée sur des traits visuels saillants et des indices contextuels. Ce stade se caractérise par le recours à une stratégie « pré-alphabétique » dans la mesure où l'enfant n'a recours ni à des traitements phonologiques ni à des traitements orthographiques pour reconnaître les mots. L'ordre et l'identité des lettres ne sont pas des éléments pris en compte par l'enfant (e.g., substitution ou inversion des lettres dans un mot ou un logo ;). Cependant, à ce stade, l'enfant n'élabore pas de règles pour reconnaître de nouveaux mots.

L'étape suivante, dite alphabétique, renvoie à la mise en place de la procédure phonologique d'assemblage et à la maîtrise du principe alphabétique. L'enfant utilise systématiquement la médiation phonologique et les règles de CGP ayant fait l'objet d'un enseignement explicite pour segmenter et reconnaître les mots. L'enfant effectue ainsi un décodage phonologique séquentiel à partir des connaissances des lettres et des sons associés pour lire des mots nouveaux, des mots irréguliers ou des pseudomots.

Enfin, l'étape finale, dite orthographique, implique la mise en place de la procédure d'adressage. Le traitement visuel se réalise directement sur des unités orthographiques : l'appariement entre le mot écrit et la représentation stockée dans le lexique orthographique est immédiat. L'enfant n'a plus recours de manière systématique à la médiation phonologique et aux CGP. L'installation et l'utilisation de cette stratégie parachèveraient la mise en place du système expert en lecture.

2.3. Conclusion

L'une des critiques majeures tient au fait que le modèle de Frith (1985 ; 1986) propose une dynamique développementale uniquement séquentielle et rigide lors de laquelle les procédures de traitement de peuvent ni coexister, ni interagir. De même, pour expliquer l'opacité des mécanismes qui sous-tendraient le passage du stade logographique au stade alphabétique, certains auteurs suggèrent que les enfants seraient en fait capables d'utiliser des indices

phonologiques plutôt que des indices visuels dès les premiers contacts avec l'écrit (e.g., Ehri, 1989 ; 1997 ; Laing & Hulme, 1999 ; Sprenger-Charolles & Bonnet, 1996 ; Wimmer & Hummer, 1990). Ces critiques ont donc amené les chercheurs à orienter leurs modèles vers des conceptions plus souples, moins restrictives, mais surtout plus interactives des processus mobilisés en reconnaissance visuelle de mots.

3. Modèles interactifs

3.1. Introduction

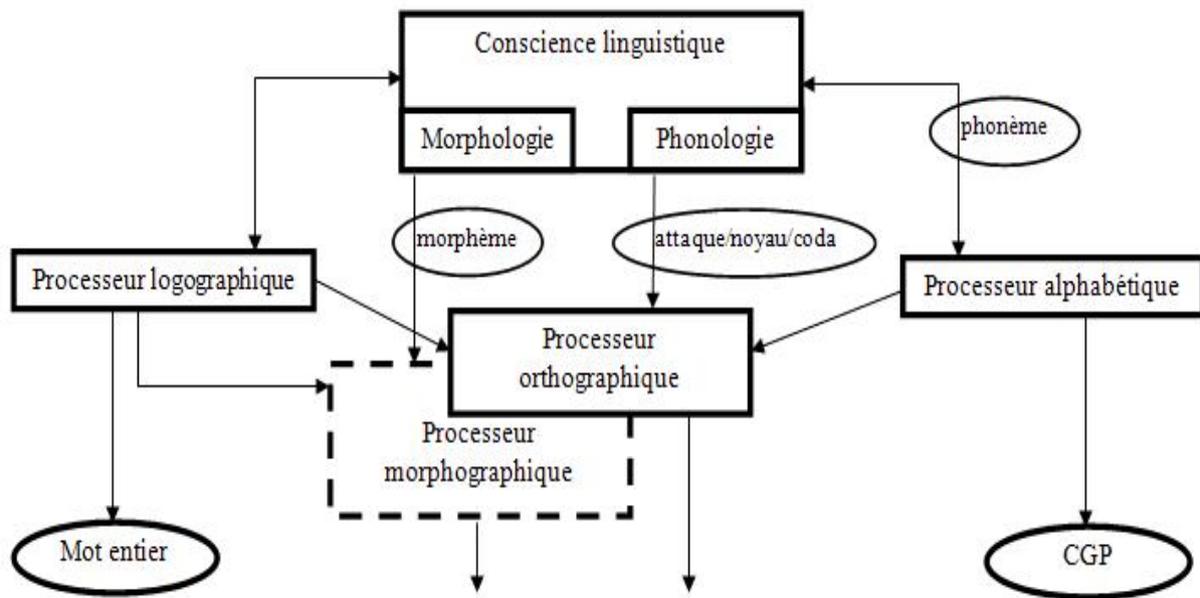
Sur la base des critiques formulées à l'encontre des modèles développementaux, une réponse plus *adaptée* pour décrire l'apprentissage de la lecture a été apportée par l'apparition de modèles communément dénommés *interactifs* ou *fonctionnels*. L'intérêt de ces modèles, dont nous présenterons quatre conceptions majeures¹², réside dans la description d'une dynamique développementale qui, d'une part, s'organise autour de stades qui peuvent se développer parallèlement et interagir (e.g., Seymour, 1990 ; 1997) et d'autre part, qui incorpore l'intervention de connaissances phonologiques et orthographiques antérieures dans l'élaboration de stratégies de lecture (e.g., Gombert, Bryant & Warrick, 1997 ; Goswami & Bryant, 1990 ; Colé et al., 1999).

3.2. Modèle « à double fondation » (Seymour, 1990 ; 1997)

L'architecture du modèle à « double fondation » de Seymour (1990 ; 1997) propose une perspective développementale conçue sur la base de cinq composants qualifiés de *modules* ou *processeurs* (Figure 11), à savoir : logographique, alphabétique, orthographique, morphographique et une conscience linguistique. Ce modèle est censé pouvoir rendre compte du parcours développemental avec plus de précision et de flexibilité que les modèles « à étapes ». Pour cela, il tente de défendre la coexistence (et le co-développement) des procédures logographiques et alphabétiques qui interagissent ; et une progression de la conscience phonologique allant des unités réduites (e.g., phonème) aux unités larges (e.g., attaque-rime ou syllabe). Le postulat de base, nommé « fondation duale », provient d'une contribution conjointe majeure des processeurs logographique et alphabétique pour l'élaboration et la spécification des représentations orthographiques en mémoire.

¹² Voir également le modèle « restreint interactif » de Perfetti (1989 ; 1997).

Figure 11. Architecture du modèle à Double Fondation, adapté de Seymour (1997).

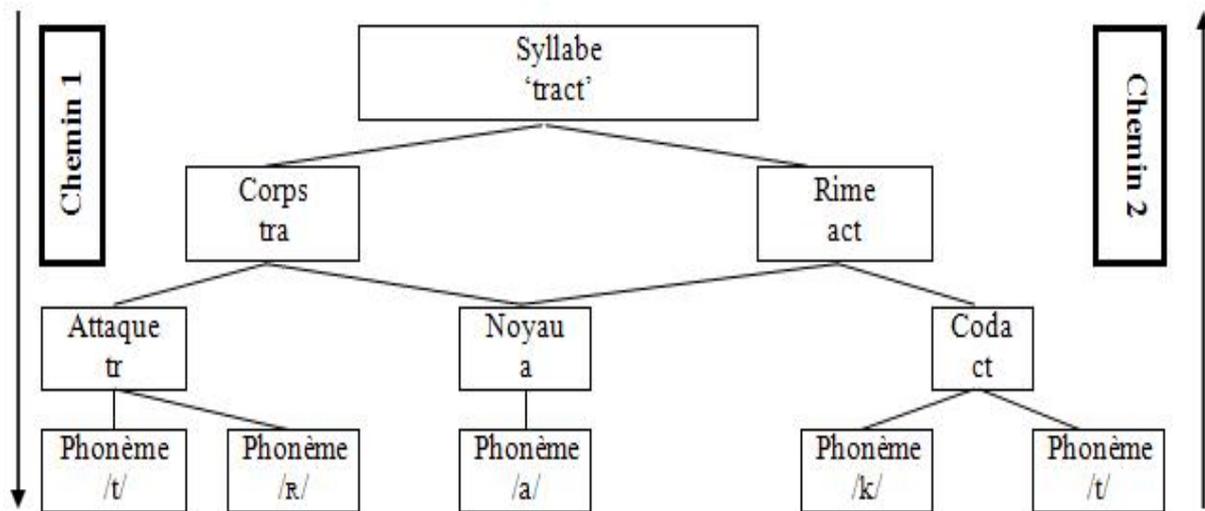


Le processeur logographique fait référence à la reconnaissance directe, partielle (i.e., lettres ou groupes de lettres) ou complète, des mots et à leur stockage. À l'inverse des conceptions de Frith (1985 ; 1986), ce processeur ne fonctionnerait pas sur des indices purement visuels et contextuels, mais sur des processus visuo-orthographiques combinés à des indices phonologiques.

Le processeur alphabétique consiste en la mise en correspondance des lettres avec les phonèmes équivalents : il s'agit donc de l'apprentissage des règles CGP, à la base de la fondation du processeur orthographique. De même, les relations interactives entretenues avec la conscience linguistique renvoient au développement de la conscience phonémique, possible uniquement avec la maîtrise du principe alphabétique.

La conscience linguistique est conçue telle une structure dans laquelle des segments orthographiques sont mis en correspondance avec des segments phonologiques. Cependant, il faut distinguer deux types de conscience linguistique qui s'appuient sur la hiérarchie structurale de la syllabe (Figure 12) : une conscience linguistique implicite et naturelle (assimilable aux traitements épilinguistiques) qui repose sur une segmentation progressant des unités larges vers des unités réduites ; et un niveau de conscience linguistique explicite (assimilable aux traitements métalinguistiques) qui résulte de l'enseignement de la lecture et des règles CGP, se développant des unités réduites vers des unités larges. Enfin, une dernière forme de conscience linguistique plus tardive incorpore une conscience morphologique entretenant des relations avec le processeur morphographique, requis pour orthographier les mots complexes, affixés et plurisyllabiques, mais dépendant du processeur orthographique.

Figure 12. Développement de la conscience linguistique, adapté de Seymour (1997).



Le processeur orthographique représente la structure centrale de ce modèle. Cette structure s'élabore et se développe au cours du temps via trois stades : les stades central, intermédiaire et avancé (ces deux derniers stades contribuant à la capacité de traiter des structures orthographiques plus complexes). De ces trois étapes, la plus importante apparaît être le stade central. La structure orthographique émergerait des connaissances sur les relations entre segments écrits et segments oraux (i.e., les CGP) établies par la formation du processeur alphabétique. Ce stade serait notamment chargé de réorganiser les correspondances entre les graphèmes et les phonèmes en s'appuyant sur une décomposition hiérarchisée de la syllabe. Plus spécifiquement, la réorganisation s'effectuerait sur la base de la représentation phonologique tridimensionnelle de la syllabe (i.e., attaque-noyau vocalique-coda) ainsi que sur la mise en parallèle avec la représentation orthographique spécifique (i.e., les graphèmes). L'une des particularités du processeur orthographique serait de pouvoir généraliser ces processus afin d'aboutir à la lecture experte en s'affranchissant de l'obligation de recourir aux CGP.

L'intérêt premier du modèle à « double fondation » de Seymour (1990 ; 1997) est de défendre l'existence de processus parallèles, interactifs qui peuvent se développer autrement que de manière séquentielle et stricte. L'avantage est d'offrir une conception plus précise et plus souple de l'apprentissage de la lecture, moins rigide que les modèles à « étapes ». Dans le modèle à « double fondation », c'est le processeur orthographique qui occupe la place centrale dans la mesure où il est chargé d'établir les connexions écrit-oral et parce que son apparition n'est rendue possible que par la fondation des processeurs logographiques et alphabétiques et des contributions interactives avec la conscience linguistique. Enfin, l'autre intérêt de ce modèle est d'avoir tenté de préciser la trajectoire développementale dans le recours aux unités de traitement, allant des unités réduites (e.g., les phonèmes) à des unités larges (e.g., les graphèmes).

3.3. Modèles « analogiques » (Gombert et al., 1997 ; Goswami & Bryant, 1990)

3.3.1. Modèle interactif analogique (Goswami & Bryant, 1990) et son extension (Goswami, 1999)

Contrairement aux modèles développementaux, Goswami (1986 ; 1990) a très rapidement suggéré que l'enfant posséderait des compétences orthographiques et phonologiques précocement développées pour lire. Celles-ci seraient basées sur le recours aux analogies pour lire les mots nouveaux. Le point de vue théorique défendu par Goswami (1986 ; 1990) fait référence au fait que la lecture ne se bornerait pas *stricto sensu* à l'apprentissage des règles CGP. Il s'agirait d'un « transfert de connaissances » basé sur la découverte de ressemblances entre des unités sonores et des segments orthographiques et phonologiques connus de l'enfant. Ces traitements s'appuieraient notamment sur des unités larges (i.e., les rimes), ce qui contribuerait à la maîtrise progressive d'unités réduites (i.e., les phonèmes) et donc du principe alphabétique.

À la suite de ces travaux, Goswami et Bryant (1990) puis Goswami (1999) ont proposé un modèle qui attribue un rôle central aux analogies sur les rimes. L'idée est de définir quatre connexions causales servant à expliquer l'acquisition de la lecture. La première connexion s'installerait avant l'apprentissage explicite de la lecture entre les connaissances des rimes à l'oral et la capacité à repérer des séquences correspondant aux rimes à l'écrit. De ce fait, l'apprentissage des analogies serait un moteur efficace de l'apprentissage de la lecture, comme en attestent de nombreux travaux menés en anglais (e.g., Goswami, 1995 ; 1999 ; Goswami & East, 2000). Avec l'enseignement explicite de la lecture, la seconde connexion s'établirait grâce à l'expérience de l'écrit entre la conscience phonémique et les compétences en lecture tandis que la troisième connexion renverrait aux influences bidirectionnelles exercées entre la lecture et l'écriture. Enfin, la quatrième connexion s'appuierait sur la spécification des représentations phonologiques qui se structureraient au fur et à mesure en base en connaissances avec l'augmentation du vocabulaire dans le lexique.

L'intérêt de ce modèle est de véritablement rendre compte des liens réciproques entretenus entre orthographe et phonologie pour améliorer progressivement la précision des connaissances. Cette approche accorde ainsi une place prépondérante aux processus analogiques basés sur les rimes avant l'apprentissage de la lecture et des règles CGP.

3.3.2. Modèle de la « machine à lire » (Gombert, 1995) et son extension (Gombert et al., 1997) et les connaissances implicites/explicites (Gombert, 2003)

Dans le cadre de l'utilisation des analogies en lecture, Gombert (1995) et ultérieurement Gombert al. (1997) ont proposé de rendre compte de l'acquisition de la lecture en s'appuyant sur un système de traitement des informations renvoyant à une « machine à lire ». Il s'agit d'un système composé de quatre processeurs : orthographique, phonologique, sémantique et contextuel. Également inspiré du modèle à « étapes » de Frith (1985 ; 1986), ce modèle envisage un traitement conjoint des informations lexicales par les processeurs logographique, phonologique et sémantique et qui vont permettre l'élaboration du processeur orthographique.

Avant l'apprentissage de la lecture, l'enfant ne dispose pas de processeur orthographique, mais est capable d'effectuer des traitements basés sur des configurations visuelles ; il s'agit d'un mécanisme de reconnaissance strictement pictural (ou logographique). Grâce aux confrontations entre le système pictural (ou logographique) et le système phonologique, médiatisées de manière *sine qua non* par le système sémantique, le système cognitif de l'enfant va être prêt à recourir aux analogies. Gombert al. (1997) présentent ainsi les conditions et caractéristiques favorables à l'apparition des analogies. En effet, les comparaisons systématiques entre des formes écrites (i.e., processeur pictural) et orales (i.e., processeur phonologique) vont donner lieu à la constitution de bases de connaissances implicites et spécifiques grâce à l'exposition répétée à certaines configurations fréquentes. Ces expositions vont permettre à l'enfant de mettre en place des régularités orthographiques et des régularités phonologiques, notamment une sensibilité à l'unité « rime ». En d'autres termes, la correspondance entre les analogies orthographiques et phonologiques sera utilisée par le système comme un mécanisme d'auto-apprentissage pour la lecture de mots nouveaux (e.g., pour lire le mot nouveau *lien*, l'enfant va s'appuyer sur des connaissances de la représentation orthographique *ien* rencontrée, par exemple, avec des mots fréquents tels que *chien*, *bien*... et de la représentation phonologique /jœ/).

Récemment, Gombert (2003) s'est intéressé au statut des régularités prises en compte de manière implicite par l'enfant. Il a développé un cadre explicatif et interprétatif présentant les interactions entre connaissances implicites et explicites dans l'apprentissage de la lecture. L'objectif de l'apprentissage de la lecture est que celle-ci devienne une activité « experte ». À ce titre, elle repose sur deux processus : l'automatisation et les apprentissages implicites. D'une part, la lecture, initialement gérée attentionnellement, va s'automatiser par la répétition de l'activité qui, progressivement, permet le désengagement de l'attention et l'accélération du traitement (Anderson, 1983). L'apprentissage implicite fait référence au processus par lequel les comportements vont s'adapter aux caractéristiques structurales des situations rencontrées, sans que l'enfant puisse utiliser intentionnellement des connaissances explicites de ces caractéristiques

pour compléter ou corriger le produit des traitements. En d'autres termes, ce qui est automatique dans le traitement, c'est la manifestation comportementale du niveau actuel des connaissances implicites ayant évolué au contact des mots écrits. Effectivement, les apprentissages implicites ne fonctionneraient pas sur le principe de règles, mais de cooccurrences, c'est-à-dire sur la base des situations (ou des configurations) les plus fréquemment rencontrées, ce qui expliquerait certaines erreurs de régularisations orthographiques ou phonologiques. L'application de règles demanderait un contrôle stratégique et volontaire. Ainsi, les automatismes nés d'apprentissages implicites et, parfois erronés, ne pourraient être « corrigés » que par l'apprentissage explicite des règles (e.g., les règles CGP) pour lire et prononcer des pseudomots, des mots rares ou irréguliers.

Pourtant, Gombert (2003) remarque que les modèles développementaux n'accordent aucune considération aux apprentissages implicites. Ces derniers n'envisagent le passage d'un stade à l'autre que sous l'effet direct d'apprentissages explicites. Or, en français, certains travaux (e.g., Bonin, Pacton et Fayol, 2001 ; Pacton, Perruchet, Fayol & Cleeremans, 2001) témoignent d'une intervention des connaissances implicites dans le développement des connaissances orthographiques avant même l'enseignement de la lecture et des règles CGP (Gombert & Colé, 2000). De manière identique, les travaux de Colé, Marec-Breton, Royer et Gombert (2005) ou de Colé, Royer, Leuwers et Casalis (2004) ont renforcé l'idée selon laquelle les apprentissages implicites ne concerneraient pas uniquement les régularités phonologiques ou orthographiques, mais aussi la prise en compte de régularités morphologiques, considérées jusque-là comme dépendantes d'un niveau « supérieur » de connaissances orthographiques.

L'attrait de ce modèle repose sur l'importance considérable accordée aux apprentissages et connaissances implicites qui serviraient de « socle » aux traitements alphabétiques et orthographiques. D'autre part, ce modèle évoque clairement les relations entretenues entre les connaissances implicites et explicites et le rôle des analogies portant sur les rimes. Toutefois, compte tenu des caractéristiques structurales de l'anglais, il est possible d'entrevoir une prévalence de la rime principalement pour cette langue, car elle représente une unité facilement repérable à l'oral. Ainsi, proposer qu'en français, la syllabe soit une unité fonctionnelle plus « pertinente » que la rime, même au niveau des analogies semble plausible.

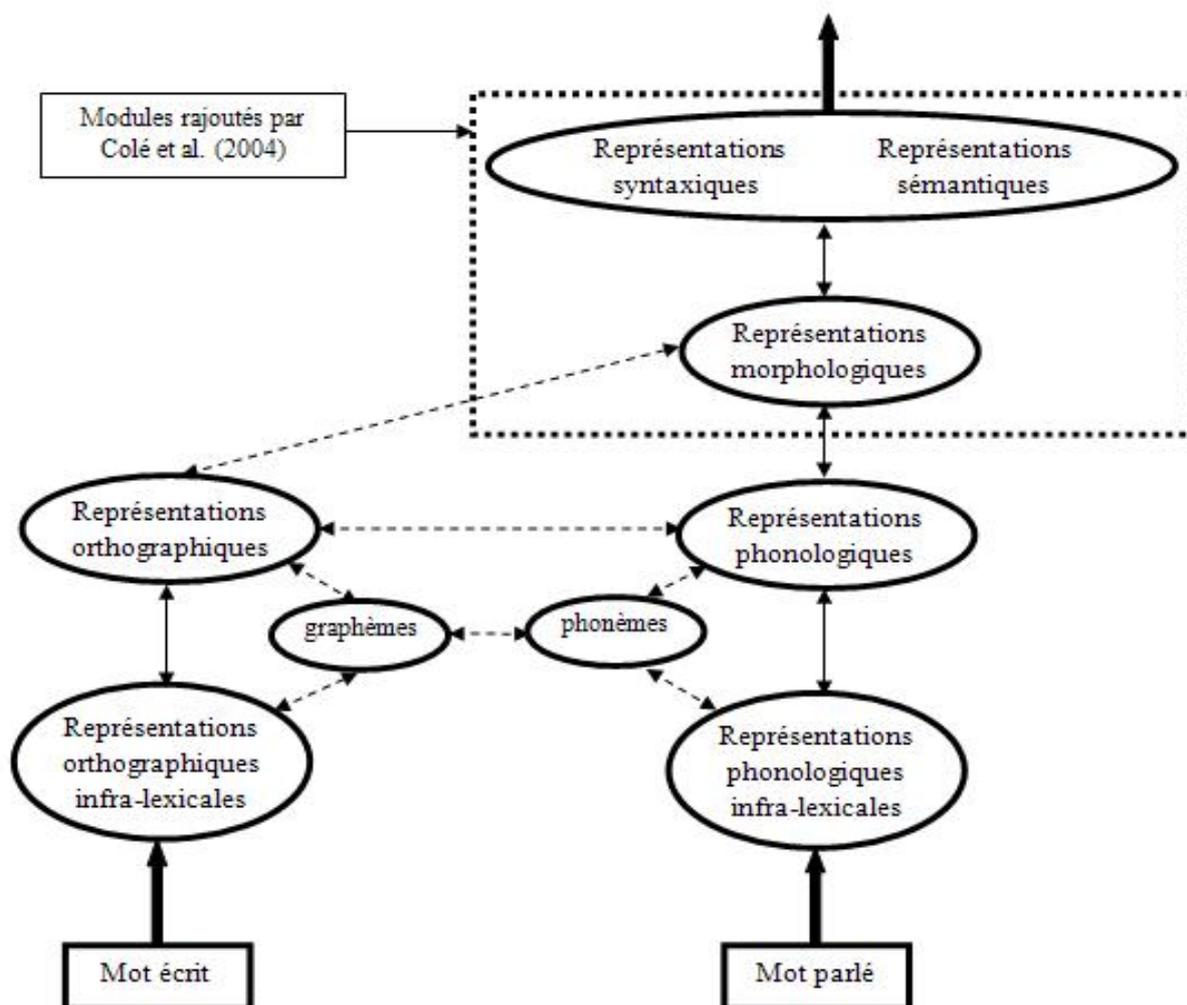
3.4. Modèle « à activation interactive bimodale » (Colé et al., 1999) et son extension (Colé et al., 2004)

Colé et al. (1999 ; 2004) ont proposé un *Modèle à Activation Interactive Bimodale* (i.e., *Bimodal Interactive Activation Model*) (Figure 13) des niveaux orthographiques et phonologiques durant l'apprentissage de la lecture. Dérivé du modèle MROMp (Jacobs et al., 1998 ; cf. Chapitre 3, Partie 3.2.), leur modèle tente de spécifier les liens existants entre les niveaux

orthographiques et phonologiques et la nature des unités infralexicales utilisées par l'enfant. Ils s'appuient notamment sur le cadre théorique de Seymour (1997) défendant le point de vue selon lequel l'apprentissage de la lecture évoluerait des petites unités aux grandes unités.

La modélisation de Colé et al. (1999) est composée, initialement, de quatre modules : au niveau de l'écrit, les représentations (ou lexique) orthographiques et les représentations « lettres » ; au niveau de l'oral, les représentations (ou lexique) phonologiques et les représentations « syllabes ». Les représentations « lettres » renvoient à l'élaboration de connaissances sur les lettres qui permettrait à l'enfant de construire des représentations orthographiques globales des mots spécifiant l'identité et la position des lettres pour la reconnaissance visuelle de mots. Les représentations « syllabes » concernent la construction d'une sensibilité aux syllabes, pertinente en reconnaissance auditive de mots, et donc à leur spécification en tant que représentations phonologiques globales. Enfin, le lien entre les représentations orthographiques et phonologiques serait la résultante de l'expertise en lecture.

Figure 13. Architecture du modèle à Activation Interactive Bimodale, adapté de Colé et al. (1999 ; 2004).



Cependant, avant d'accéder à un *matching* (i.e., appariement) direct entre la forme orthographique et la forme phonologique, l'enfant doit établir des connexions entre les représentations « lettres » et les représentations « syllabes » pour lire. Grâce à l'enseignement explicite des règles CGP, une interface intermédiaire entretenant des interactions bidirectionnelles va se développer, d'une part au niveau orthographique (i.e., le module « graphèmes ») et d'autre part, au niveau phonologique (i.e., le module « phonèmes »). L'hypothèse principale avancée par Colé et al. (1999) étant que la syllabe orale, en français, pourrait représenter les unités écrites, c'est l'établissement du niveau intermédiaire correspondant aux règles CGP qui médiatiserait le développement des relations entre les représentations « lettres » et les représentations « syllabes ». En effet, la maîtrise des règles CGP offrirait à l'enfant la possibilité d'associer des unités phonologiques plus larges que les phonèmes avec des unités orthographiques plus larges que les graphèmes pour des raisons fonctionnelles et cognitives, en ce sens qu'il est moins coûteux de segmenter et d'associer des unités syllabiques que des unités phonémiques (e.g., /mar+/di/ vs. /m+/a+/r+/d+/i/ ; Bastien-Toniazzo, Magnan & Bouchafa, 1999).

À cette première modélisation, Colé et al. (2004) ont ajouté un module « représentations syntaxiques/sémantiques » et un module « représentations morphologiques » activé systématiquement lorsque les représentations phonologiques correspondantes sont sollicitées. L'idée sous-jacente est que l'enfant apprenti-lecteur développerait des représentations morphologiques implicites qui s'activeraient automatiquement avec le recours à la médiation phonologique, comme mécanisme de renforcement lexical lors de la reconnaissance de mots écrits. Avec l'expertise en lecture, un lien supplémentaire direct entre les représentations orthographiques et morphologiques s'établirait. Comme le soulignent les auteurs, « *l'intervention des connaissances morphologiques implicites n'est pas directement en lien avec des connaissances phonologiques explicites [...] (mais) l'intervention des connaissances morphologiques explicites dans la lecture [...] serait en lien avec le développement des connaissances phonologiques explicites* » (Colé et al., 2004, p. 745).

3.5. Conclusion

À l'inverse des modèles développementaux, les modèles analogiques ne proposent pas de cadre rigide en stades d'acquisition, offrant ainsi une plus grande souplesse dans la description des traitements en lecture. Ces modèles possèdent aussi la particularité d'être plus « réaliste » en ce sens qu'ils intègrent les connaissances antérieures, développées implicitement grâce aux expositions précoces au langage oral. Ces connaissances auraient ainsi une place primordiale dans

l'apprentissage explicite de la lecture puisqu'elles formeraient le socle sur lequel les connaissances explicites pourraient partiellement s'appuyer.

4. Conclusion

Parmi les différentes approches de l'apprentissage de la lecture, il est important d'insister plus particulièrement sur l'importance que revêtent les interactions entre les procédures de lecture. En abandonnant les modèles développementaux séquentiels et rigides, l'intérêt est devenu indiscutable pour les modèles proposant des processus interactifs et parallèles. La prise en compte des connaissances implicites comme facteur d'impact sur les compétences précoces en lecture et sur la construction des connaissances explicites développées via l'enseignement de la lecture et des règles CGP apparaissent à ce titre l'une des innovations majeures défendues par les modèles interactifs.

Cependant, les modèles n'accordent pas la même place aux unités de lecture précocement disponibles et élaborées ultérieurement avec l'apprentissage : la rime ou la syllabe. En effet, les modélisations issues de travaux sur une langue ne semblent pas forcément transposables à une autre langue et si la rime apparaît être l'unité prégnante en anglais, en français, la syllabe pourrait occuper un rôle prépondérant.

L'un de nos principaux objectifs est de tester le rôle de la syllabe pendant l'apprentissage de la lecture, d'un point de vue développemental (i.e., au CP, CE₂ et CM₂) et auprès d'enfants dyslexiques développementaux appariés à des enfants normo-lecteurs en âges chronologiques et lexiques. L'utilisation de trois tâches (i.e., tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots, paradigme des conjonctions illusoire et tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots) doit permettre de préciser un cadre développemental, probablement d'une progression allant du phonème à la syllabe. L'idée est aussi de déterminer si la syllabe a un rôle précoce et durable pendant l'apprentissage de la lecture (grâce aux connaissances implicites sur les syllabes développées avec l'exposition au langage oral) et de comprendre l'impact de sa fréquence sur les procédures de lecture.

5. Synthèse du Chapitre 4

Au cours de ce chapitre, nous avons exposé les modèles cognitivistes de l'apprentissage de la lecture. Nous avons pu mettre en opposition deux groupes de modèles : les modèles dits développementaux (e.g., Frith, 1985) et les modèles dits interactifs (e.g., Colé et al., 1999). Nous avons montré que ces modèles étaient directement issus des recherches et des modèles proposés pour la lecture adulte.

En nous intéressant aux modèles interactifs, nous avons donc démontré que les modèles développementaux étaient très certainement dépassés pour rendre efficacement compte du développement des habiletés de lecture dans la mesure où leur approche demeure trop peu flexible et trop séquentielle. Au contraire, les modèles interactifs proposent des approches véritablement novatrices. D'une part, la mise en place des mécanismes de lecture et leur fonctionnement sont envisagés comme interactifs et parallèles. Cela rend l'apprentissage de la lecture bien plus dynamique que ce qui est proposé par les modèles développementaux.

D'autre part, la prise en compte de ce qui se passe avant l'apprentissage explicite de la lecture prend enfin du sens et de la dimension grâce aux propositions de Gombert (2003) qui estime que les modèles actuels doivent prendre en considération l'importance des connaissances développées de manière implicite grâce aux contacts avec la langue orale.

Cependant, même dans ces modèles, la taille des unités de lecture ne fait pas systématiquement l'objet d'un consensus. Si Goswami (1999) place au centre de son modèle le rôle de la rime – dont l'importance est très certainement plus grande pour l'anglais dont elle s'inspire que pour le français – Seymour (1997), lui, insiste sur le rôle précoce et *sine qua non* des phonèmes dans l'apprentissage de la lecture tandis que Colé et al. (1999) étendent cette vision en mettant en avant le rôle de la syllabe grâce aux connaissances structurales du français développées précocement et implicitement à l'oral sur les syllabes

En accord à ce que nous avons déjà pu avancer, les caractéristiques de chaque langue pourraient être un frein – ou en tout cas un facteur – au développement de modèles unifiés, car il apparaît de plus en plus que les données obtenues dans une langue sont difficilement transposables à une autre langue. C'est pourquoi, en français, la syllabe pourrait avoir un statut privilégié équivalent à la rime pour l'anglais.

CHAPITRE 5

– Étapes de l'apprentissage de la lecture : unités & rôles des facteurs linguistiques –

1. Introduction

Les éléments présentés précédemment suggèrent que le français semble disposer d'un grand nombre de facteurs linguistiques pouvant justifier de l'utilisation des syllabes. Le traitement des unités syllabiques a été mis en évidence expérimentalement chez l'adulte dans différentes modalités, différents types de tâches, essentiellement dans les langues romanes dont fait partie le français. Cependant, d'autres éléments, variables d'une langue à l'autre, vont conditionner la nature et la taille des unités infralexicales utilisées pendant l'apprentissage de la lecture (e.g., Morais, 1995 ; Ziegler & Goswami, 2006).

Par exemple pour Clements et Keyser (1983), la syllabe est une unité qui faciliterait l'apprentissage de mots nouveaux dans la mesure où elle serait à la base de la représentation lexicale. En effet, les segments phonémiques regroupés en syllabes répondent à des groupements réguliers et récurrents propres à une langue donnée. L'objectif va donc être d'étudier les mécanismes de base impliqués dans l'apprentissage de la lecture et de comprendre pourquoi les enfants français seraient sensibles aux syllabes tandis que dans d'autres langues, la syllabe ne représente pas une unité prégnante.

2. Médiation phonologique et principe alphabétique

2.1. Introduction

Pour apprendre à lire, le lecteur débutant doit apprendre un code orthographique propre à sa langue. Il doit notamment apprendre à mettre en lien les unités du langage oral (i.e., la phonologie) avec les unités du langage écrit (i.e., l'orthographe). Plus particulièrement, l'enfant va devoir se focaliser sur la connexion entre des segments écrits (i.e., les graphèmes) et les segments oraux correspondants (i.e., les phonèmes). C'est par l'enseignement explicite des règles de CGP et par l'utilisation d'une procédure de décodage phonologique séquentiel que l'enfant va pouvoir, progressivement, automatiser les activités d'identification de mots écrits. En effet, avant

l'apprentissage formel de la lecture, l'enfant n'a pas de lexique orthographique et va donc devoir principalement s'appuyer sur une procédure phonologique pour lire : la médiation phonologique.

2.2. Médiation phonologique et principe alphabétique

La médiation phonologique va permettre de lire les mots en utilisant les règles de correspondances entre les graphèmes et les phonèmes. De nos jours, les recherches s'accordent unanimement sur l'importance fondamentale de la médiation phonologique comme mécanisme d'apprentissage de la lecture (e.g., Bosman & De Groot, 1995 ; 1996 ; Leybaert & Content, 1995 ; Sprenger-Charolles & Casalis, 1995 ; 1996) et d'élaboration du lexique orthographique (e.g., Perfetti, 2003 ; Share, 1995 ; 1999).

Pour lire, l'enfant doit notamment comprendre le principe alphabétique¹³ afin d'exploiter efficacement une procédure de décodage phonologique, primordiale pour l'apprentissage de la lecture dans les langues alphabétiques (Ziegler & Goswami, 2005). La médiation phonologique, systématiquement utilisée, agirait alors comme un puissant mécanisme d'auto-apprentissage qui permettrait d'élaborer les codes orthographiques. En effet, le recours à une telle procédure phonologique et la confrontation avec des mots répertoriés dans le lexique oral permettraient aux enfants de faire des inférences sur les relations entre graphèmes et phonèmes. La stabilité de ces relations dépendrait alors de la fréquence de ces liens et de la fréquence des mots. Grâce à ces associations, le lexique orthographique pourrait se construire et permettre le recours à une procédure de traitement orthographique.

2.3. Conclusion

La maîtrise du principe alphabétique, même essentielle, n'est pas suffisante pour garantir un niveau de compétence en lecture convenable : l'enfant doit apprendre le code orthographique. La maîtrise du principe alphabétique ainsi que le recours à la procédure de recodage phonologique (i.e., le processus de conversion des graphèmes en phonèmes via les règles de CGP ; e.g., Ziegler & Goswami, 2005 ; 2006) supposent que l'enfant puisse procéder à un traitement conscient et intentionnel des structures infralexicales de la langue. Cette prise de conscience renvoie au concept général de *conscience phonologique* également dénommée « *capacité métaphonologique ou encore capacité d'analyse phonologique* » (Sprenger-Charolles & Colé, 2003, p. 49).

¹³ Il s'agit pour l'enfant de comprendre que les sons d'une langue sont représentés par des symboles à l'écrit, ce qui intervient précocement (vers 3-4 ans) avec la connaissance des lettres, facteur qui prédit les compétences ultérieures en lecture (pour des synthèses, voir Treiman, 2006 ; Treiman & Kessler, 2007).

3. Conscience et habiletés phonologiques

3.1. Introduction

Pour un certain nombre d'auteurs, la conscience phonologique fait référence à une *sensibilité phonologique* (i.e., *phonological sensitivity*) qui renverrait à la capacité de reconnaître, d'identifier et de manipuler n'importe quelle unité phonologique. Elle pourrait être décrite au travers d'une progression allant d'une sensibilité phonologique superficielle d'unités phonologiques larges (e.g., syllabe) à une sensibilité phonologique profonde d'unités phonologiques réduites (e.g., phonème ; Anthony & Lonigan, 2004 ; Anthony, Lonigan, Burgess, Driscoll, Phillips & Cantor, 2002 ; Anthony, Lonigan, Driscoll, Phillips & Burgess, 2003). Gombert (1990 ; 1992 ; Gombert & Colé, 2000) préfère parler de la conscience phonologique en termes de compétence propre à l'identification et à la manipulation intentionnelle et consciente des unités linguistiques. Gombert (1990) distingue des capacités épiphonologiques et des capacités métaphonologiques. Les premières renverraient à des traitements linguistiques automatiques, inconscients (implicites) et non intentionnels qui se développeraient spontanément lors de l'acquisition du langage oral. En revanche, les secondes n'émergeraient que de manière subséquente aux premières sous l'effet de l'enseignement formel de la lecture ou d'entraînements spécifiques en renvoyant à la manipulation consciente (explicite), intentionnelle et contrôlée des unités linguistiques. Comme le proposent Écalle et Magnan (2002a), il s'avèrerait éventuellement plus judicieux de regrouper sous le terme *d'habiletés phonologiques* les capacités épi- et métaphonologiques (e.g., voir Karmiloff & Karmiloff-Smith, 2003 pour un cadre théorique développemental des habiletés phonologiques).

3.2. Conscience phonémique et prédicteurs en lecture

Grâce à un ensemble d'études longitudinales réalisé dans nombreuses langues, il existe maintenant un consensus sur l'importance du niveau d'habiletés phonologiques en tant que facteur prédictif des compétences ultérieures en lecture (e.g., Goswami & Bryant, 1990 ; Wagner & Torgesen, 1987 ; Wimmer, Landerl, Linortner & Hummer, 1991) et entretenant des relations bidirectionnelles fortes. De manière similaire, des entraînements portant sur la conscience phonologique produisent des effets bénéfiques sur le niveau de lecture (e.g., Bradley & Bryant, 1983 ; Lecocq, 1991 ; Lundberg, Frost & Petersen, 1988 ; Schneider, Küspert, Roth, Visé & Marx, 1997 ; Zorman, 1999). Cependant, il demeure de nombreuses controverses spécifiquement liées à la taille des unités linguistiques déterminantes pour le succès de l'apprentissage de la lecture. Pour certains chercheurs, il s'agirait d'une intervention préférentielle de la conscience

rimique (e.g., Bowey, 2002 ; Goswami, 1993 ; 1999 ; Goswami & Bryant, 1990 ; Goswami & East, 2000). En revanche, pour d'autres chercheurs, le facteur qui prédirait le mieux la réussite en lecture serait basé sur la *conscience phonémique* (e.g., Hatcher & Hulme, 1999 ; Høien, Lundberg, Stanovich & Bjaalid, 1995 ; Hulme, Muter & Snowling, 1998 ; Hulme, Hatcher, Nation, Brown, Adams & Stuart, 2002 ; Muter, Hulme, Snowling & Taylor, 1998 ; Nation & Hulme, 1997). La *conscience phonémique* est définie comme l'habileté métaphonologique qui « *recouvre la capacité à concevoir les formes parlées comme des suites composées [...] d'éléments, les phonèmes de la langue, et la capacité de manipuler de manière [consciente et] intentionnelle les éléments de ces suites* » (Content & Zesiger, 1999, p. 188). En effet, le développement de la conscience phonémique permettrait d'une part la maîtrise du principe alphabétique et, d'autre part, une mise en place efficace du système de CGP et donc de la procédure de recodage phonologique qui, en retour, améliorerait les capacités *métaphonémiques*. L'impact de la conscience phonémique sur les performances en lecture a été évalué et confirmé par des entraînements ciblés sur des tâches destinées à développer la conscience phonémique (e.g., segmentation, suppression de phonèmes...), couplés à des entraînements portant sur l'utilisation de la procédure de recodage phonologique (e.g., voir les méta-analyses de Bus & Van Ijzendoorn, 1999 ; Ehri, Nunes, Willows, Schuster, Yaghouh Zadeh & Shanahan, 2001).

3.3. Habiletés épi- et métaphonologiques : étude longitudinale en français

En français, Écalle et Magnan (2002b) (voir aussi Écalle et Magnan, 2007 pour une réplique de leurs résultats) ont examiné le niveau des habiletés phonologiques et leur rôle prédictif des compétences en lecture. Il s'agissait d'une étude longitudinale d'enfants de Grande Section de Maternelle (GSM) à la première année de primaire (CP). Deux tâches étaient proposées : une tâche épiphonologique (i.e., tâche de catégorisation) et une tâche métaphonologique (i.e., tâche de détection d'unité commune). Les deux tâches manipulaient trois types d'unités partagés : syllabe, unité infrasyllabique ou phonème. Les résultats ont montré que les performances épiphonologiques étaient supérieures et qu'elles augmentaient de GSM à CP. L'écart entre les deux tâches était plus important en GSM qu'en CP. Grâce à l'introduction de l'apprentissage de la lecture, les capacités métaphonologiques augmentaient plus significativement. En GSM et en CP, au niveau épiphonologique, les phonèmes étaient moins bien détectés que les syllabes. Au niveau métaphonologique, en GSM, le traitement des unités ne différait pas statistiquement. En CP, les unités infrasyllabiques étaient moins bien détectées que les phonèmes et les syllabes. Les analyses de régression conduites sur les performances ont

montré que le niveau de recodage phonologique en CP était prédit par le score métaphonologique observé en CP. Conformément aux travaux présentés précédemment, la capacité à manipuler des phonèmes prédit efficacement les performances en reconnaissance de mots écrits. Par ailleurs, les résultats observés dans la tâche épiphonologique en GSM et en CP rendaient compte avec force des performances métaphonologiques en CP. Enfin, cet ensemble de données suggérait que le niveau d'habiletés phonologiques acquis avant l'apprentissage de la lecture était un bon prédicteur du niveau métaphonologique en CP, lui-même excellent prédicteur du niveau de recodage phonologique.

Castles et Coltheart (2004) nuancent l'existence d'un lien causal entre conscience phonologique (quelle que soit la taille des unités linguistiques) et performances en lecture. Ils estiment que lorsque les entraînements ne portent que sur le développement de la conscience phonémique, sans connaissances préalables, aucune étude ne parvient à conclure à un lien de causalité strict, car, selon eux, de nombreux facteurs se confondent et les recherches ne parviennent pas à les isoler les uns des autres. Ziegler et Goswami (2005) contre-argumentent toutefois leurs propos en insistant sur le fait que les auteurs avaient exclu beaucoup d'études développementales influentes pour évaluer leur hypothèse causale.

3.4. Rôle de la conscience phonémique : exemple d'étude en anglais

Pour étayer le rôle prépondérant de la conscience phonémique, Hulme et al. (2002) ont effectué une étude longitudinale avec des enfants de cinq et six ans et comportant trois tâches (i.e., détection, suppression et intrusion) impliquant des unités phonologiques différentes (i.e., attaque-rime, phonème initial et final) et utilisant les mêmes pseudomots pour chaque tâche. Pour éviter toute confusion entre la conscience des attaques et la conscience des phonèmes initiaux, tous les items comportent un cluster consonantique initial. Les résultats ont mis en évidence que les enfants avaient des performances plus élevées dans les tâches impliquant des unités larges (i.e., attaque-rime) que celles impliquant des phonèmes (pour l'importance d'unités larges dans le développement des habiletés phonologiques, voir aussi Treiman & Zukowski, 1996). Cependant, en conformité avec les hypothèses, les analyses de régression effectuées sur la conscience phonémique semblent être de meilleurs prédicteurs en lecture que les mesures sur la conscience de l'attaque-rime.

3.5. Sensibilité précoce aux syllabes : exemple d'étude inter-langue

Duncan, Colé, Seymour et Magnan (2006) se sont intéressés à la comparaison de la trajectoire développementale des habiletés phonologiques avant et pendant l'apprentissage de la lecture chez des enfants de deux familles de langues différentes : l'anglais et le français. Ils ont testé des enfants de quatre, cinq et six ans sur des tâches de segmentation de mots et de détection d'unités communes. Les résultats obtenus ont attesté une différenciation dans le décours et le type d'unités utilisé par les deux populations d'enfants. Dès quatre ans et même pendant l'apprentissage de la lecture, les enfants français détectent mieux les syllabes et ce n'est qu'à partir de six ans (i.e., introduction de la lecture) qu'ils deviennent sensibles aux phonèmes. Pour les enfants anglais, de quatre à six ans, les phonèmes étaient les unités les mieux détectées (i.e., mais pas à 4 ans) et ce n'est que vers cinq ans que la sensibilité à des unités larges (i.e., syllabe et, dans une moindre mesure, la rime) se manifestait. Ces résultats témoignent de deux aspects spécifiques à l'apprentissage de la lecture. D'une part, le décours temporel de la maîtrise des unités phonologiques n'est pas universel dans le sens *unités larges vers unités réduites* et dépend des caractéristiques rythmiques et phonotactiques de la langue. D'autre part, cette étude confirme que c'est sous l'impulsion de l'enseignement explicite de la lecture que la conscience phonémique s'élabore, et cela, dans les deux langues. Cette étude relance le débat sur la primauté des grandes unités sur les petites unités dans les traitements phonologiques et sur la prévalence, lors de l'apprentissage de la lecture en français, de la syllabe.

3.6. Conclusion

Bien que l'importance de la conscience phonologique soit indéniable pour l'apprentissage de la lecture (pour une revue, Morais, 2003), les débats demeurent vifs concernant la nature exacte des unités linguistiques utilisées par l'enfant en lecture. Ziegler et Goswami (2005) mettent ainsi en lumière trois problèmes majeurs auxquels sont confrontés les lecteurs débutants : la *disponibilité* (i.e., *availability*) qui renvoie au fait que toutes les unités linguistiques ne sont pas explicitement accessibles avant l'apprentissage de la lecture ; la *consistance* (i.e., *consistency*) qui prévoit que les unités orthographiques peuvent avoir de multiples équivalents phonologiques et que les unités phonologiques peuvent avoir de multiples correspondances orthographiques ; la *granularité* (i.e., *granularity*) qui rend compte qu'il y a beaucoup plus d'unités orthographiques à maîtriser que d'unités phonologiques. Comme l'indiquent Rayner, Foorman, Perfetti, Pesetsky et Seidenberg (2001), la qualité d'apprentissage de la lecture va dépendre de la résolution de ces

trois problèmes, variables d'une langue à l'autre, et va être déterminée par le type d'enseignement de la lecture (e.g., Leybaert & Content, 1995 ; Ziegler & Goswami, 2006).

4. Orthographe, phonologie et unités de lecture

4.1. Introduction

Dans les systèmes alphabétiques, les relations entre les représentations écrites (i.e., orthographe) et orales (i.e., phonologie) ont des *degrés de complexité* variables. Par exemple, des langues telles que l'anglais ou le finnois sont radicalement opposées quant à leur *degré de complexité*. Par *degré de complexité*, il est sous-entendu *degré de transparence* des relations graphie-phonie et/ou phonie-graphie. Concrètement, la notion de *transparence orthographique* ou de *profondeur orthographique* (i.e., *orthographic depth*, Frost, Katz & Bentin, 1987 ; Katz & Frost, 1992) renvoie à une classification des langues selon laquelle dans une orthographe superficielle, les codes orthographiques et phonologiques sont isomorphiques. Cela signifie que les phonèmes ne sont représentés par des graphèmes que de manière univoque. En revanche, dans une orthographe profonde, les relations entre codes orthographiques et phonologiques sont opaques. Les mêmes phonèmes peuvent avoir plusieurs orthographe et inversement réciproque. (Frost et al., 1987, p. 104, notre traduction et libre adaptation). C'est notamment le recensement des proportions de correspondances graphie-phonie et phonie-graphie qui vont permettre d'évaluer et de déterminer le degré de transparence ou d'opacité d'une langue (e.g., Van den Bosch, Content, Daelemans & De Gelder, 1994).

4.2. Rôle des correspondances graphie-phonie

Pour déterminer le degré de transparence ou d'opacité d'une langue, deux mesures vont être employées : la *régularité* ou la *consistance*. La *régularité* (Venezky, 1970, cité par Ferrand, 2001) se définit comme l'association la plus fréquente des CGP. Un mot sera considéré comme régulier lorsqu'il sera composé de CGP fréquentes tandis qu'un mot sera irrégulier dès qu'il ne respectera pas les règles de CGP les plus rencontrées. Depuis quelques années, la notion de *consistance* (Glushko, 1979) est préférée, car elle n'omet pas la fréquence lexicale. La *consistance* se fonde sur la consistance des CGP entre une rime orthographique (e.g., 'ac') et la prononciation associée (e.g., /a/ ou /ak/). Un mot sera ainsi *inconsistant* à partir du moment où un autre mot comportant la même rime orthographique ne se prononcera pas de la même manière (e.g., les mots *hamac* et *tabac*) (pour une revue critique sur l'usage des termes consistance et régularité, Ferrand, 2001).

En règle générale, s'il est communément admis que les relations graphie-phonie sont plus simples à appréhender que les règles phonie-graphie, les différences inter-langues peuvent être conséquentes au niveau de la consistance de chacune de ces relations. De nombreuses études se sont ainsi penchées sur ces correspondances lors de l'apprentissage de la lecture (e.g., Caravolas, Kessler, Hulme & Snowling, 2005 ; Cossu, Shankweiler, Liberman & Gugliotta, 1995 ; Frith, Wimmer & Landerl, 1998 ; Goswami, Gombert & Fraca De Barrera, 1998 ; Goswami, Porpodas & Wheelwright, 1997 ; Katz & Frost, 1992 ; Ognjenovic, Lukatela, Feldman & Turvey, 1983 ; Treiman et al., 1995a ; Wimmer et al., 1991 ; pour la présentation d'une vaste étude européenne, Seymour, Aro & Erskine, 2003). Alors que des langues telles que l'italien, le finnois, le serbo-croate, l'espagnol, le grec ou l'allemand sont extrêmement *régulières* (aussi qualifiées de *consistantes* ou de *transparentes*) tant au niveau des correspondances graphophonologiques qu'au niveau des correspondances phonographémiques, le français (e.g., Véronis, 1986 ; Ziegler, Jacobs & Stone, 1996) l'est bien moins au niveau des correspondances graphophonologiques et devient encore plus irrégulier pour les correspondances phonographémiques. Il est possible de résumer que le français dispose d'un code *relativement transparent* pour la lecture, mais *plutôt opaque* pour l'écriture. Ainsi, la nouvelle base de données Manulex-infra (Peereman, Lété & Sprenger-Charolles, 2007) que nous avons utilisée dans certaines tâches présentées dans cette thèse est un outil performant permettant de mesurer la consistance dite *feedforward* et *feedback* en français.

Quant à l'anglais, il s'agit d'une langue considérée comme particulièrement *irrégulière* (*opaque*) puisqu'aussi bien les relations graphophonologiques que les relations phonographémiques sont instables (Ziegler, Stone & Jacobs, 1997) et souvent imprédictibles. L'une des différences majeures, par exemple, entre le français et l'anglais, provient du type d'irrégularité. En français, l'irrégularité est véhiculée essentiellement par les consonnes (Ziegler et al., 1996) tandis qu'en anglais, cette irrégularité s'observe pour les voyelles (Ziegler et al., 1997). Enfin, il est nécessaire de comprendre que la profondeur orthographique est indépendante de la structure syllabique de la langue. De ce fait, une langue peut avoir une *profondeur orthographique superficielle* (i.e., *shallow orthographic depth*) et une structure syllabique complexe (e.g., allemand) ou simple (e.g., italien), tout autant qu'une *profondeur orthographique profonde* (i.e., *deep orthographic depth*) peut avoir une structure syllabique complexe (e.g., anglais) ou simple (e.g., français).

Frost et al. (1987) estime que pour les orthographes transparentes (e.g., l'allemand), les locuteurs auraient recours à des codes infraléxicaux, de type phonémiques par exemple, alors que pour les *orthographes opaques* (e.g., l'anglais), les locuteurs s'appuieraient directement sur les codes lexicaux, beaucoup plus fiables. Ce constat est pourtant nuancé et même remis en cause depuis les propositions de Ziegler et Goswami (2005) : la *théorie psycholinguistique de la*

granularité (i.e., *psycholinguistic grain size theory*). Celle-ci fait référence à la taille des unités linguistiques utilisées, en lien avec la régularité des correspondances pour expliquer les variations inter-langues. Ainsi, dans une langue telle que l'allemand, les correspondances graphophonologiques sont robustes, ce qui inciterait les locuteurs à recourir préférentiellement à des unités de taille réduites (i.e., les phonèmes). En revanche, les unités de petites tailles sont très irrégulières en anglais alors que les structures rimiques sont beaucoup plus stables (Treiman et al., 1995b), ce qui favoriserait l'utilisation d'unités phonologiques plus larges, notamment les rimes.

4.3. Exemples d'impact des correspondances phonie-graphie

Traditionnellement, les arguments ont essentiellement abondé dans le sens d'un rôle des informations phonologiques en reconnaissance visuelle de mots. Pourtant, chez l'adulte, le rôle des informations orthographiques en reconnaissance auditive de mots recueille un nombre de preuves expérimentales grandissant dans une variété de tâches et de langues (e.g., Chéreau, Gaskell & Dumay, 2007 ; Frauenfelder, Seguí & Dijkstra, 1990 ; Hallé et al., 2000 ; Ventura, Kolinsky, Brito-Mendes & Morais, 2001 ; Ziegler, Montant & Jacobs, 1997). L'une des origines communes à cet ensemble de travaux provient de l'introduction d'une nouvelle définition de la régularité basée non plus uniquement sur la consistance des relations graphophonologiques (cf. Chapitre 5, Partie 4.2.) mais aussi sur la consistance des relations phonographémiques (Stone et al., 1997). De manière quasi analogue à la consistance graphophonologique, la consistance phonographémique décrit les relations entre rime phonologique et orthographe. Par exemple, la rime phonologique /o/ est qualifiée d'inconsistante, car elle peut s'écrire *au, o, eau, ot...*

Les travaux de Ziegler, Ferrand et Montant (2004) en français et de Ventura, Morais, Pattamadilok et Kolinsky (2004) en portugais ont montré, en décision lexicale, que la reconnaissance auditive de mots inconsistants au niveau phonographémique (e.g., *gare, jarre, lard, part...*) prenait plus de temps à être réalisée que si les mots étaient consistants (e.g., *gage, stage, nage, plage...*). L'étude de Slowiaczek, Soltano, Wieting et Bishop (2003) tend toutefois à nuancer ces résultats en précisant qu'en décision lexicale avec un paradigme d'amorçage, les effets facilitateurs ne sont observables que lorsqu'il y a un partage orthographique pur ou un partage orthographique et phonologique entre la cible et l'amorce.

L'influence des informations orthographiques sur la prise de décision d'informations phonologiques a également été démontrée au niveau des phonèmes et des graphèmes. Ainsi, Dijkstra, Roelofs et Fieuws (1995), Frauenfelder et al. (1990) et, d'une manière plus indirecte Goslin et Floccia (2007), ont observé que des phonèmes dont la représentation graphique est équivoque (e.g., le phonème /k/ peut s'orthographier *c, qu, k, ck...*) sont plus difficiles à identifier (d'autant plus lorsque la forme orthographique proposée est la moins fréquente dans la langue

considérée) que des phonèmes dont la représentation graphique est univoque (e.g., le phonème /t/ s'orthographie toujours *t*).

4.4. Unités de lecture et contraintes linguistiques

Les études menées font massivement ressortir que des orthographes opaques et complexes peuvent *pénaliser* l'apprentissage de lecture ainsi que le développement de la conscience phonémique (e.g., Cossu, Shankweiler, Liberman, Katz & Tola, 1988 ; Spencer, 2007 ; Spencer & Hanley, 2003). Goswami (2002) reconnaît que le développement de la conscience phonémique est plus rapide dans les orthographes transparentes que dans les orthographes opaques. De manière semblable, Ziegler et Goswami (2005) soutiennent que la transparence du code orthographique agit comme un élément facilitateur du développement des compétences graphophonologiques. Comme nous l'avons signalé précédemment, la transparence/opacité du code orthographique pourrait déterminer la nature et la taille des unités infralexicales utilisées en lecture. L'un des indicateurs les plus pertinents concerne les études inter-langues. Elles permettent de mettre en évidence les différences qualitatives et quantitatives des traitements phonologiques et orthographiques opérés par les enfants. Les études comparatives menées par Bruck, Genesee et Caravolas (1997) entre francophones canadiens et anglophones, par Goswami, Ziegler, Dalton & Schneider (2001 ; 2003), par Frith et al. (1998) ou encore par Wimmer et Goswami (1994) entre germanophones et anglophones, par Goswami et al. (1998) entre anglophones, francophones et hispanophones ont toutes cherché à mesurer l'importance de la consistance orthographique dans des tâches impliquant notamment des pseudomots. Les résultats obtenus peuvent être synthétisés de la sorte : systématiquement, les enfants anglophones présentaient des performances en lecture de mots et de pseudomots inférieures à celles d'enfants apprenant à lire dans une langue plus transparente. Dans l'étude de Goswami et al. (1998), les enfants espagnols de sept ans décodaient correctement à 94% les pseudomots, les enfants français à 53% alors que les enfants anglais ne parvenaient à atteindre que 12% de lecture correcte. De manière analogue, dans l'étude de Frith et al. (1998), les enfants allemands de sept ans lisaient convenablement à hauteur de 85% les pseudomots tandis que les enfants anglais n'avaient que 45% de réponses justes. Dans l'étude de Bruck et al. (1997), les résultats obtenus mettaient en évidence que les enfants francophones d'approximativement sept ans avaient un taux de bonnes réponses avec les mots (76%) et les pseudomots (62%) supérieur à celui des enfants anglophones (i.e., respectivement, 51% et 36%). Enfin, c'est la vaste étude de Seymour et al. (2003) qui a mis sérieusement l'accent sur les différences de performances entre plusieurs types de langues ou plus particulièrement, a mis en lumière le recours à des unités modulées par les caractéristiques linguistiques.

En bref, les résultats de ces différentes études convergent vers la conclusion selon laquelle les anglophones présentent des scores plus faibles que les enfants apprenant à lire dans des orthographe plus transparentes et recourent plutôt à des unités plus larges. En effet, les données statistiques de l'anglais montrent que 80% des rimes VC dans les structures CVC ont une prononciation stable contre 55% pour les segments CV (Treiman et al., 1995b). D'ailleurs, les anglophones manifestent des taux d'erreurs supérieurs pour les voyelles par rapport aux consonnes. Rien de surprenant à cela dans la mesure où la prononciation des voyelles est facilitée par la cohésion existante avec la consonne suivante, à savoir, la rime. De ce fait, l'utilisation de la rime en anglais semble cohérente avec les données montrant une prédominance de tels clusters dans le lexique phonologique, du nombre plus important de mots monosyllabiques favorisant des unités rimiques et de la plus grande fiabilité de ces correspondances (De Cara & Goswami, 2003). Dans leur étude menée auprès d'enfants anglais dans une tâche de lecture de pseudomots contenant des rimes orthographiques consistantes ou des graphèmes réguliers et irréguliers, Brown et Deavers (1999) sont parvenus à la conclusion selon laquelle les enfants développeraient en parallèle deux stratégies de traitement infralexical : l'une basée sur les CGP et l'autre sur les rimes. Selon leur *hypothèse de flexibilité de la taille de l'unité* (i.e., *flexible unit size hypothesis*), la lecture s'effectuerait par un mélange de recodage d'unités réduites et larges qui permettrait d'accroître l'efficacité de la lecture en fonction du type d'items rencontrés.

Par exemple, Geudens et Sandra (1999 ; 2003), dans des tâches de segmentation et de substitution de phonèmes, n'obtiennent pas de preuve systématique en néerlandais de l'utilisation de l'attaque-rime dans le traitement du flux de parole chez les enfants pré-lecteurs et lecteurs débutants. Pour ces auteurs, ce sont les propriétés phonétiques, phonologiques et statistiques de la langue, mais surtout le type de tâche (e.g., tâche de jugement de similarité à choix forcé sur des rimes ou des syllabes) et les relations de similarités entre items partageant la rime qui peuvent argumenter pour un certain rôle du découpage en attaque-rime (Geudens, Sandra & Martensen, 2005). Ce qui ressort clairement des quelques données succinctement présentées ici, c'est le caractère non transposable d'une langue à l'autre des résultats obtenus (e.g., Sprenger-Charolles & Colé, 2003). En d'autres termes, l'utilisation des unités phonologiques infralexicales va être dépendante non seulement du type d'enseignement professé, mais aussi des caractéristiques linguistiques des langues et du niveau d'habiletés phonologiques. À partir des caractéristiques linguistiques, phonographémiques et graphophonémiques, il est possible d'envisager que les unités larges seraient privilégiées dans les traitements réalisés par les locuteurs français et notamment, les unités syllabiques.

4.5. Théories des unités phonologiques de lecture

La proposition de Ziegler et Goswami (2005) a l'avantage de mettre l'accent sur l'intervention de propriétés propres à chaque langue pour justifier le recours à un type d'unités phonologiques plutôt qu'à un autre. Cependant, deux principales conceptions s'opposent quant à la trajectoire développementale du format des unités phonologiques utilisées dans les traitements de l'écrit.

D'un côté, les partisans de la *théorie des grandes unités* (e.g., Goswami, 1986 ; 2002 ; Goswami & Bryant, 1990 ; Treiman & Zukowski, 1991 ; Treiman & Cassar, 1997 ; Goswami et al., 1998) défendent le point de vue selon lequel les enfants segmenteraient prioritairement les mots écrits via des unités larges (i.e., attaque-rime) puis progressivement seulement via les unités réduites (i.e., phonèmes). Plus particulièrement, ces auteurs émettent l'hypothèse selon laquelle la segmentation des mots ne s'appuierait pas sur des unités graphémiques (i.e., utilisation des règles CGP) mais essentiellement sur des unités orthographiques plus larges telles que l'attaque-rime. Ces unités seraient plus facilement repérables et donc utilisées plus précocement par les enfants sur la base d'un processus d'analogie (Gombert et al., 1997). Les enfants se réfèreraient aux correspondances graphie-phonie directement issues des traitements effectués sur le langage oral, dont les unités les plus prégnantes et les plus stables sont des unités larges.

De l'autre côté, les partisans de la *théorie des petites unités* (e.g., Bastien-Toniazzo et al., 1996 ; 1999 ; Duncan, Seymour & Hill, 1997 ; 2000 ; Duncan et al., 2006 ; Seymour, Duncan & Bolik, 1999 ; Seymour & Duncan, 1997 ; Ehri, 2005 ; Hulme, 2002) défendent l'idée d'une progression développementale dans la maîtrise des unités linguistiques allant des unités réduites aux unités plus larges. Pour les partisans d'une progression allant des phonèmes à l'attaque-rime voire aux syllabes (Colé et al., 1999), l'enfant, dont la conscience phonémique s'est développée sous l'effet de l'enseignement de la lecture, recourt à des traitements graphophonémiques (i.e., CGP). L'enfant doit donc apprendre à associer des unités graphémiques et non orthographiques à des unités phonémiques. Le développement de la conscience phonémique favoriserait alors la mise en place des procédures de recodage phonologique qui, en s'automatisant, faciliterait le traitement d'unités plus larges que les phonèmes, plus ambigus d'un point de vue acoustique et plus coûteux cognitivement à assembler ou à segmenter. La position défendue par Bastien-Toniazzo et al. (1996 ; 1999) ou Colé et al. (1999) serait que les enfants décentreraient progressivement leur attention d'unités réduites vers des unités larges grâce à l'apprentissage des CGP et s'appuieraient sur l'activation des unités syllabiques orales, dont le rôle est majeur en français, afin d'effectuer une segmentation syllabique écrite.

4.6. Conclusion

Les langues varient fortement les unes par rapport aux autres, qu'il s'agisse de la structure syllabique, de la consistance graphophonémique ou phonographémique ou des unités de traitement en lecture. Un seul constat assez net peut émerger : les caractéristiques propres à chaque langue sont des éléments décisifs dans le cheminement de l'apprentissage de la lecture, comme en témoigne l'étude de Seymour et al. (2003). À ce titre, la proposition de Ziegler et Goswami (2005) permet plus facilement de mettre en lumière les difficultés inhérentes à chaque langue et demeure une alternative explicative séduisante. En revanche, cela ne suffit toujours pas pour trancher entre les deux conceptions qui s'affrontent quant à la trajectoire développementale des unités de lecture : les phonèmes d'abord puis les unités plus larges ou les unités plus larges d'abord puis les phonèmes. Par ailleurs, l'implication d'un codage phonologique en lecture chez l'enfant (automatique, précoce et rapide, Booth, Perfetti & MacWhinney, 1999) est actuellement formellement reconnue par la communauté scientifique (e.g., en français, voir l'étude longitudinale de Sprenger-Charolles, Siegel, Béchenec & Serniclaes, 2003 et les arguments expérimentaux de Alario et al., 2007 ; Sprenger-Charolles, Siegel & Béchenec, 1998a ; Sprenger-Charolles, Siegel & Bonnet, 1998b), quelle que soit la régularité de la langue (même en anglais ! Laing & Hulme, 1999 ; Perfetti, 2003 ; Share, 1995). Ce n'est que la taille des unités phonologiques impliquées dans la lecture qui demeure un sujet de débat.

5. De la perception à la lecture : le rôle de la syllabe

5.1. Introduction

Très précocement, l'enfant est généralement capable de compter des unités syllabiques et non phonémiques dans les mots (e.g., Duncan et al., 2006 ; Liberman, Shankweiler, Fischer & Carter, 1974). Cette conscience syllabique se développerait implicitement à partir des nombreux contacts que l'enfant entretient avec le langage oral, avant même l'exposition au langage écrit et à son apprentissage (e.g., Vellutino & Scanlon, 1987). Contrairement à la conscience syllabique, la conscience phonémique requiert un haut niveau d'abstraction (i.e., notamment à cause du phénomène de coarticulation qui rend les différences acoustiques très ambiguës) et d'analyse analytique (Morais, 1994). Toutefois, il est possible d'envisager que les connaissances phonologiques implicites et les représentations acoustiques développées sur la base d'unités syllabiques pourraient servir de point d'ancrage aux connaissances explicites qui n'apparaîtraient qu'au moment de l'enseignement formel du langage écrit. Cette progression développementale amènerait à concevoir que, d'une part, les connaissances issues du langage oral influenceraient les

connaissances issues du langage écrit et que, d'autre part, l'inverse pourrait fonctionner réciproquement, d'autant plus qu'en français, ces rapports sont essentiellement réguliers.

5.2. Syllabe et perception orale précoce

En perception de la parole, les travaux menés en français depuis une trentaine d'années ont largement contribué à asseoir la sensibilité précoce des jeunes enfants préscolaires aux unités de taille syllabique, donnant même lieu à un *modèle des syllabogènes* (i.e., SARAH, *Syllable Acquisition, Representation and Access Hypothesis*, Mehler et al., 1990). Les données disponibles montrent que très tôt, les enfants français sont capables d'organiser les sons en syllabes (Mehler & Dupoux, 1995). Ils sont également capables de catégoriser et d'encoder des syllabes de structure CV et de différencier des séquences dont l'alternance est propre au français (e.g., /tap/ vs. /tsp/ ; Bertoncini, Bijeljac-Babic, Jusczyk, Kennedy & Mehler, 1988). De plus, Bijeljac-Babic, Bertoncini et Mehler (1993) ont mis en évidence que les nouveaux-nés sont sensibles à la structure syllabique de leur langue et qu'ils discriminent des stimuli bi- et trisyllabiques, indépendamment du nombre de phonèmes. En d'autres termes, la segmentation précoce reposerait sur la syllabe en français. En effet, même des enfants de 4-5 ans, dans une tâche d'insertion de pause, sont capables de répéter des segments correspondants à des syllabes et de respecter les principes de syllabification propres au français (Goslin & Floccia, 2007). Celle-ci aurait un rôle d'indice prosodique compte tenu de la structuration syllabique simple du français (Nazzi, Iakimova, Bertoncini, Frédonie & Alcantara, 2006 ; Ramus et al., 1999 ; voir aussi Mehler & Dupoux, 2004) et nécessaire au développement du langage chez l'enfant. De manière analogue, et très intéressante, les recherches de Curtin, Mintz et Christiansen (2005), Jusczyk, Jusczyk, Kennedy, Schomberg et Koenig (1995) ou encore de Nazzi, Dilley, Jusczyk, Stattuck-Hufnagel et Jusczyk (2005) ont aussi observé que les très jeunes enfants anglais étaient capables d'effectuer des traitements syllabiques. Toutefois, la sensibilité précoce des anglophones aux syllabes doit être nuancée dans la mesure où c'est l'alternance entre syllabe accentuée et non accentuée qui déterminerait la *stratégie* de segmentation.

5.3. Syllabe et traitements visuels

Dans cette sous-partie, nous allons axer notre présentation sur des travaux qui se sont attachés à mettre en évidence l'importance de la syllabe dans les traitements visuels. L'intérêt réside dans la présentation du paradigme de détection visuelle de cible à l'initiale de mots utilisé dans nos travaux. Il s'agit également de démontrer qu'au travers de divers paradigmes, les

traitements mis en œuvre prennent appui sur l'unité syllabique, phonologique et/ou orthographique en français, chez des enfants en cours d'apprentissage de la lecture.

5.3.1. Tâche de détection visuelle de cible

Colé et al. (1999) se sont penchés sur le traitement syllabique au début de l'apprentissage de la lecture. Conformément à l'hypothèse de Seymour et Duncan (1997) sur la progression d'unités réduites vers des unités larges, Colé et al. (1999) ont testé à l'aide d'un paradigme de détection visuelle de cible à l'initiale de mots, adapté du paradigme de Mehler et al. (1981), le parcours d'enfants au CP (i.e., cours préparatoire). Les enfants devaient détecter une cible visuelle de structure syllabique CV ou CVC à l'initiale d'un mot présenté subséquemment. Les cibles pouvaient être compatibles (e.g., PA-PA.RADE ; PAR-PAR.TIR) ou incompatibles (e.g., PAR-PA.RADE ; PA-PAR.TIR) avec la structure initiale du mot. Les auteurs avaient également manipulé la fréquence des mots par l'intermédiaire de l'échelle orthographique de Dubois-Buyse (Ters, Mayer & Reichenbach, 1977, cités par Colé et al., 1999). Les résultats obtenus en février (i.e., milieu de la première année d'apprentissage) ont montré un effet de longueur de cible, c'est-à-dire que les enfants traitaient plus rapidement les cibles CV, quelle que soit la structure initiale du mot. Cet effet a été interprété en termes de traitement séquentiel, sur la base soit d'une procédure phonologique de conversion graphophonémique soit d'un traitement purement visuel lettre à lettre. Compte tenu de la méthode d'enseignement reposant sur les règles CGP, la première conclusion a été retenue. En revanche, au mois de juin (i.e., fin de la première année d'apprentissage), les enfants bons lecteurs ont montré des effets syllabiques. En effet, les auteurs ont retrouvé une interaction entre la structure de la cible et la structure initiale du mot dénommée : effet de compatibilité syllabique. Précisément, les enfants répondaient plus vite lorsque les cibles étaient compatibles avec la structure initiale des mots (e.g., PA-PA.RADE et PAR-PAR.TIR). Ce dernier résultat a amené les auteurs à conclure qu'en fin de première année, les enfants sont d'ores et déjà capables d'effectuer un traitement phonologique graphosyllabique. La syllabe serait donc une unité rapidement disponible et dont le coût cognitif serait moindre en ce sens qu'il est moins contraignant de segmenter le mot /mardi/ et deux syllabes /mar/ et /di/ plutôt qu'en phonèmes isolés /m+a+r+d+i/. Ce point de vue est compatible avec celui de Seymour et Duncan (1997), à savoir que les unités phonémiques se substitueraient au profit des unités syllabiques dans un cadre développemental progressant des unités réduites vers des unités plus larges.

Des données similaires ont été obtenues par Rativeau, Zagar, Jourdain et Colé (1997) avec des enfants de la première à la cinquième année d'école primaire. Il s'agissait d'une tâche d'identification visuelle de bigrammes à l'initiale de mots. Il fallait décider si un bigramme (e.g., CO) apparaissait à l'initiale d'un mot (e.g., COPIER ; CABANE) tout en manipulant la

congruence syllabique (e.g., CO.PIER vs. COM.POTE). Brièvement, les résultats ont montré qu'au départ, les enfants utiliseraient majoritairement les unités syllabiques avant que, progressivement, cette procédure ne soit de moins en moins basée sur des unités syllabiques, mais de plus en plus sur une procédure orthographique.

L'étude conduite par Colé et Sprenger-Charolles (1999) avec le même protocole expérimental chez, notamment, des enfants normo-lecteurs de 11 ans a permis d'observer des résultats comparables à ceux de Colé et al. (1999). En fait, les enfants avaient recours à un traitement phonologique graphosyllabique pour les mots peu fréquents alors que pour les mots fréquents, un effet de longueur de cible était observé (i.e., les cibles CV étaient détectées plus rapidement que les cibles CVC). L'interprétation de ces résultats a été que le lecteur débutant déplacerait progressivement son attention des unités graphophonémiques vers des unités graphosyllabiques avant d'être capables d'un traitement purement visuo-orthographique. De manière plus approfondie, il est possible d'envisager ce déplacement du type de traitement dans une dynamique reposant sur la maîtrise de propriétés lexicales. Au début de l'apprentissage, en l'absence de lexique orthographique, l'enfant aurait systématiquement recours à un traitement graphophonémique. Progressivement, avec l'augmentation de l'exposition à l'écrit et de la maîtrise des CGP, un traitement plus global et moins coûteux de type graphosyllabique s'installerait pour les mots fréquents, le traitement graphophonémique perdurant pour les mots peu fréquents. Puis, après une période transitoire où la procédure graphosyllabique s'appliquerait pour les mots fréquents et peu fréquents, l'installation de la voie lexicale opèrerait pour les mots fréquents, la décomposition en unités *infralexicales* syllabiques se restreignant alors aux mots peu fréquents. Cette dernière étape serait le reflet de la mise en place du système expert de la lecture.

5.3.2. Tâche de jugement d'identité

Dans deux expériences utilisant une tâche de jugement d'identité de pseudomots, Magnan et Biancheri (2001) ont évalué et comparé les performances d'enfants bons et faibles lecteurs de CP et de CE₁. Les auteurs ont utilisé des pseudomots dont la complexité phonologique de la syllabe initiale avait été manipulée. Il s'agissait soit de structures syllabiques CV comportant une voyelle nasale (e.g., *can*) soit de structures syllabiques complexes CVC (e.g., *bar*) ou CCV (e.g., *cnî*). La tâche consistait à juger si un pseudomot présenté auditivement était identique ou non à un pseudomot présenté visuellement. Le pseudomot visuel pouvait être identique (e.g., *barli* et *barli*), comporter l'ajout (e.g., *barli* et *barali*) ou l'omission d'un segment (e.g., *barli* et *bali*), avoir seulement la fin identique (e.g., *barli* et *suvli*) ou être présenté dans une condition neutre (e.g., *barli* et *motnu*).

Les résultats obtenus ont mis en évidence que seuls les enfants bons lecteurs de CP et de CE1 n'étaient pas gênés par la présence d'une voyelle nasale. Par contre, les enfants faibles lecteurs de CP et de CE1 étaient sensibles à la structure phonologique des syllabes. Ils commettaient davantage d'erreurs pour juger non identique un pseudomot dont la syllabe initiale contenait une voyelle nasale par rapport à un pseudomot contenant une syllabe initiale CVC. Par ailleurs, les enfants faibles lecteurs tendaient à simplifier une syllabe CVC ou une syllabe CV avec voyelle nasale par une syllabe initiale simple CV, plus accessible et optimale. Lors du traitement des syllabes constituées d'un cluster consonantique, les résultats ont montré que les bons lecteurs de CP et CE1 n'étaient pas affectés par la complexité syllabique. En revanche, les faibles lecteurs des deux niveaux scolaires réduisaient en une structure syllabique minimale de type CV ou déplaçaient la consonne pré-vocalique en position de coda pour former une syllabe CVC les structures CCV.

Ces données s'orientent dans la direction d'une sensibilité à l'unité syllabique et plus particulièrement à la complexité syllabique. Les syllabes préférées s'apparent à celles décrites par Clements (1990) comme étant optimales et universelles, à savoir les structures CV, qui seraient ainsi celles extraites et maîtrisées en premier par les enfants lors de leur expérience avec le langage oral et réutilisées *prioritairement* lors de l'apprentissage de la lecture.

5.3.3. Utilisation du paradigme des conjonctions illusoires

Les recherches menées par Ballaz, Marendaz et Valdois (1999), Doignon et Zagar (2006) ou encore Fabre et Bedoin (2003) à l'aide du paradigme des conjonctions illusoires (pour une description, cf. Chapitre 2, Partie 4.1.) sont venues renforcer l'hypothèse selon laquelle la syllabe aurait un statut et un rôle privilégiés dans la lecture. Sans détailler les résultats observés dans ces trois expériences, bien que les objectifs et les facteurs manipulés aient été différents, trois conclusions majeures sont à exposer. Dans l'expérience de Ballaz et al. (1999) conduite auprès d'enfants de première, troisième et cinquième année d'apprentissage de la lecture, seuls les enfants de troisième et cinquième année ont manifesté des comportements en faveur d'une sensibilité aux informations syllabiques, ce qui implique qu'une unité large comme la syllabe n'est pas immédiatement disponible et fait suite à l'accroissement de l'expertise. Dans l'expérience de Doignon et Zagar (2006) menée avec des enfants de première, deuxième, quatrième et cinquième année, une observation très intéressante concernant l'activation de codes syllabiques a été observée. Lorsque les frontières syllabiques phonologiques et orthographiques coïncidaient, tous les enfants montraient des effets de facilitation, c'est-à-dire des erreurs de préservation de la frontière syllabique. Cela implique qu'il s'agit, probablement, d'une activation conjointe des informations phonologiques et orthographiques qui font émerger une perception

syllabique. Enfin, dans l'expérience de Fabre et Bedoin (2003) réalisée auprès d'enfants d'approximativement 8 ans, les auteurs n'ont pas mis en exergue un quelconque effet de sonorité de la consonne postvocalique dans des mots bisyllabiques, comme cela avait été le cas chez les adultes dans leur précédente étude (voir Bedoin & Dissart, 2002).

5.3.4. *En lecture à voix haute*

Sprenger-Charolles et Siegel (1997) ont, testé des enfants en première année en janvier et en juin dans des tâches de lecture à voix haute sur des pseudomots dont la complexité syllabique avait été manipulée. Les résultats ont abondé dans le sens d'une meilleure lecture et épellation des structures syllabiques simples (i.e., CV) par rapport aux structures dites complexes (e.g., CCV ou CVC). Ce pattern de résultats va dans la même direction que les observations montrant la prédominance des structures optimales CV dans toutes les langues du monde (Clements & Keyser, 1983). D'autre part, les auteurs ont observé que les enfants supprimaient plus volontiers les codas ou simplifiaient les clusters consonantiques complexes (e.g., CCV devenant CV ou CVC devenant CV). Enfin, les codas liquides étaient plus fréquemment omises que les codas obstruents, ce que les auteurs interprétaient en terme de propriétés phonétiques spécifiques et non en terme de position dans la syllabe.

Ces résultats ont été retrouvés, dans une certaine mesure, par Bastien-Toniazzo et al. (1996 ; 1999) dans deux expériences de lecture à voix haute de pseudomots chez des enfants de CP et qui avaient pour but de mettre à l'épreuve leur modèle de simulation de base de connaissances. Dans la première étude (Bastien-Toniazzo et al., 1996), les auteurs avaient effectué un suivi longitudinal au CP en testant à quatre reprises les enfants dans une tâche de lecture à voix haute de pseudomots trisyllabiques (voir ci-dessous les caractéristiques du matériel). Les résultats ont notamment montré que lorsqu'il y avait une tentative pour appliquer des règles de CGP, la segmentation qui en résultait ne respectait pas nécessairement la légalité phonotactique orthographique, mais renvoyait à des groupements correspondant aux syllabes orales. Les syllabes préférées étaient également les plus simples, à savoir de structure CV sans qu'il ne ressorte une différence dans l'ordre d'acquisition de structures plus complexes (e.g., CVC). Le modèle proposé par Bastien-Toniazzo et al. (1999) repose principalement sur le postulat selon lequel lors de l'apprentissage des CGP, l'enfant chercherait à récupérer à partir des informations visuelles des structures correspondantes aux syllabes orales. Dans la première expérience, les enfants devaient détecter une syllabe orale à l'initiale d'un pseudomot dont le trigramme initial correspondait ou non à la syllabe orale (e.g., /t̃ / pour *tonbari* ou *tnocabu*). Dans la seconde expérience, les enfants devaient lire des pseudomots dont le trigramme initial étaient de type CVC (e.g., *tar*), CVC nasale (e.g., *bon*) ou CCV (e.g., *cru*) mais présenté dans quatre configurations ordonnées ou

désordonnées (e.g., pour /tar/, les configurations possibles étaient *tar*, *tra*, *art* ou *rat*). Globalement, les résultats qui sont ressortis ont mis en évidence des erreurs de lecture basées sur des simplifications des clusters consonantiques en syllabes de type CV, au niveau des codas (e.g., *car* lu *ca*) ou des attaques (e.g., *cra* lu *ca*). En résumé, les enfants préfèrent la transformation des configurations visuelles en syllabes universelles élémentaires de structure phonologique CV.

5.3.5. Utilisation du paradigme LIP

L'étude de Bijeljac-Babic, Millogo, Farioli et Grainger (2004) a utilisé une adaptation du paradigme de démasquage progressif, le *Paradigme de Luminescence Incrémentée* (i.e., *Luminance Increment Paradigm*, LIP) avec, notamment, des enfants de troisième et cinquième année d'apprentissage de la lecture. L'objectif de cette expérience était d'étudier l'implication des processus phonologiques et orthographiques en observant les effets de longueur de mots. Les enfants, répartis en deux groupes, devaient soit effectuer une tâche d'identification via le LIP, soit une tâche de dénomination rapide. Le matériel utilisé consistait en des mots connus par les enfants et dont le nombre de lettres, de phonèmes et de syllabes avait été manipulé. Les effets de longueur de mots étaient analysés soit en terme de « longueur générale », c'est-à-dire en fonction des variations du nombre de lettres, de phonèmes ou de syllabes, soit en terme de « longueur phonologique », c'est-à-dire en fonction des variations du nombre de phonèmes et de syllabes tout en maintenant constant le nombre de lettres, soit, enfin, en terme de « longueur d'unité réduite », en fonction des variations du nombre de lettres ou de phonèmes en gardant constant le nombre de syllabes. Les analyses de régression réalisées en fonction des trois critères de « longueur » ont mis en évidence, pour la tâche d'identification avec le LIP, des temps de réponse mieux prédits par le critère « longueur phonologique », en termes de « syllabes » pour les enfants en troisième année et en terme de « phonèmes » pour les enfants en cinquième année. En revanche, pour la tâche de dénomination rapide, les temps de réponse étaient mieux prédits par le critère « longueur d'unité réduite », en terme de « lettres » pour les enfants de cinquième année, mais toujours en terme de « syllabes » pour les enfants de troisième année. Aucun effet de fréquence lexicale n'était significatif pour expliquer les performances. Les résultats ont amené les auteurs à conclure que, pour les enfants de troisième année d'apprentissage de la lecture, les traitements étaient de nature phonologique syllabique tandis que chez les enfants de cinquième année, les traitements deviendraient, avec l'expertise, sériels, de gauche à droite, et basés sur les lettres.

5.3.6. En production écrite

Comme nous l'avons présenté précédemment, la syllabe occuperait une place prépondérante que ce soit en lecture silencieuse ou à haute voix. Nous avons également souligné

l'importance des caractéristiques à la fois phonologiques et orthographiques de la syllabe, mais uniquement du point de vue segmental. Or, un ensemble de travaux s'est penché sur l'unité employée lors de l'écriture. La question sous-jacente était de savoir si les enfants recouraient à une transcription lettre par lettre, graphème par graphème ou bien sur la base d'unités infralexicales plus larges comme la syllabe. L'intérêt de consacrer une sous-partie traitant de la production écrite tient au fait que l'activité de copie peut reposer principalement sur des prises d'informations visuelles.

Transler, Leybaert et Gombert (1999) ont étudié les stratégies de copie de mots et de pseudomots auprès d'enfants français sourds de 10 ans et normo-entendants de 7 ans. La tâche consistait à copier des mots et pseudomots mono- et trisyllabiques. Pour les pseudomots, les auteurs avaient manipulé les structures phonologiques et orthographiques. L'objectif de cette étude reposait sur l'exploration des traitements opérés par les enfants sourds et de comparer leurs stratégies aux enfants normo-entendants qui utiliseraient une procédure de découpage syllabique. Les mesures s'effectuaient sur les caractéristiques du segment copié avant que les enfants ne doivent se reporter au modèle original pour continuer la copie. Les résultats ont mis en évidence un recours aux syllabes pour les deux types de population. Transler et al. (1999) ont toutefois nuancé ces données puisque les enfants sourds n'ont plus fait appel systématiquement aux syllabes lorsque les frontières phonologiques étaient différentes, mais proches orthographiquement. En revanche, les normo-entendants n'étaient pas affectés. Pour les auteurs, les enfants sourds manifesteraient une sensibilité aux propriétés orthographiques, suggérant le développement d'habiletés orthographiques implicites, indépendantes des habiletés phonologiques, et basées sur la redondance orthographique propre à la langue.

Kandel et Valdois (2006a) ont testé (i.e., filmé) 100 enfants français répartis équitablement de la première à la cinquième année de primaire. Elles ont construit un matériel composé de 24 mots et de 24 pseudomots bisyllabiques. Tous les mots comprenant de 4 à 7 lettres, et tous les bigrammes étaient fréquents (i.e., Lexique, New et al., 2001). Les 24 pseudomots étaient dérivés des 24 mots en modifiant la première ou la deuxième syllabe (e.g., *cliveu* inspiré de *cheveu* ou *mibu* inspiré de *midi*). L'objectif de cette étude était d'observer si les enfants, pendant l'apprentissage de la lecture et de l'écriture, s'appuyaient sur des traitements séquentiels gauche-droite lettre à lettre ou bien sur des unités plus larges. En mesurant le déplacement du regard et le mouvement de la main, les résultats ont montré trois patterns intéressants. Tout d'abord, les enfants de première et deuxième année déplaçaient plus fréquemment leur regard pour copier les pseudomots et les mots que les enfants de troisième, quatrième et cinquième année. Ensuite, cet effet était plus marqué pour les pseudomots que les mots, suggérant un recours à des unités infralexicales pour les items rares ou irréguliers. De plus,

les enfants de première et deuxième année prenaient l'information visuelle systématiquement à la dernière lettre de la première syllabe tandis que les enfants des autres niveaux scolaires copiaient les items en une seule prise d'informations. Enfin, au niveau du déplacement grapho-moteur, les latences étaient toujours plus longues pour la première lettre de la seconde syllabe, après la frontière syllabique. Ces résultats ont été interprétés selon deux axes : l'un perceptif, l'autre exécutif. En d'autres termes, les auteurs ont conclu qu'au niveau perceptif, les enfants de première et deuxième année ne pourraient pas s'appuyer sur leurs connaissances orthographiques contrairement aux enfants plus âgés et auraient donc recours à des compétences *plus phonologiques*. Au niveau exécutif, les latences plus élevées du geste grapho-moteur sur la première lettre de la seconde syllabe s'expliqueraient par une augmentation du temps d'accès en mémoire nécessaire pour restaurer la syllabe à reproduire. En conclusion, les auteurs ont proposé que le système grapho-moteur stockerait ainsi les syllabes sous deux formes : orthographiques et phonologiques. Tant que le lexique orthographique serait en phase d'élaboration, les programmes grapho-moteurs feraient appel à des unités phonologiques intermédiaires de type syllabique. Cette hypothèse est partiellement compatible avec l'idée selon laquelle le lexique orthographique serait principalement dépendant de représentations grapho-syllabiques.

Pour Kandel, Soler, Valdois et Gros (2006a) qui ont exploré le rôle des graphèmes et des syllabes dans des mots bisyllabiques réguliers (i.e., au niveau des CGP) chez 34 enfants français de première année de primaire (fourchette d'âges comprise entre 6-7 ans), les résultats ont mis en évidence que les enfants écrivaient la syllabe initiale des mots graphème par graphème ou syllabe par syllabe tandis que la seconde syllabe était produite comme un tout. Selon les auteurs, la production écrite de mots basée sur des graphèmes ou une syllabe suivrait un mécanisme programmé d'anticipation de haut niveau dont le délai serait déterminé par la complexité de la structure orthographique (sur ce point, voir Kandel & Valdois, 2005).

Dans leur comparaison de 75 enfants monolingues français et espagnols de première et deuxième année de primaire (moyennes d'âge approximativement comprises entre 6 et 9 ans), Kandel et Valdois (2006b) ont mesuré les déplacements oculo-moteurs et grapho-moteurs en production écrite de mots bi-, tri- et quadrisyllabiques issus de chacune de deux langues (e.g., *onde, onda*). Globalement, les auteurs ont observé que les enfants français déplaçaient plus souvent leur regard que les enfants espagnols, cet effet étant même plus flagrant entre enfants de première et deuxième année en français. De plus, les enfants français s'appuyaient essentiellement sur des unités syllabiques alors que les enfants espagnols étaient capables de copier les mots dans leur globalité. Kandel et Valdois (2006b) ont mentionné que ce dernier effet se retrouvait également dans les latences de déplacements grapho-moteurs. En effet, à l'instar des résultats obtenus par Kandel et Valdois (2006a) mais indifféremment du niveau scolaire, les enfants

français étaient plus lents à la frontière syllabique que les enfants espagnols. Selon leurs conclusions, les caractéristiques orthographiques propres à chacune des deux langues influenceraient la taille des unités sollicitées en perception et production. L'ensemble des résultats obtenus et des conclusions tirées par les auteurs chez les enfants en cours d'apprentissage a été répliqué chez des adultes français, espagnols et bilingues français-espagnol (Kandel, Álvarez & Vallée, 2006b), notamment en montrant que les latences plus élevées à la frontière syllabique résulteraient de la planification de la seconde syllabe.

En conclusion, il apparaît que la structure syllabique, orthographique et phonologique, contraindrait les productions grapho-motrices et les déplacements oculo-moteurs. Par ailleurs, il semblerait que les activations orthographiques ne sont pas indissociées des activations phonologiques, mais qu'au contraire, elles sont largement contraintes par ces dernières, comme cela avait déjà pu être démontré dans des études portant sur la production écrite de mots à partir d'images (e.g., Bonin & Fayol, 2000).

5.4. Conclusion

En français, le rôle de la syllabe apparaît comme évident dans de nombreuses tâches assez diversifiées, aussi bien en modalité visuelle, qu'auditive et même en production écrite. Le phénomène le plus intéressant est celui qui atteste d'un recours précoce – dès le milieu de la première année d'enseignement de la lecture – de la syllabe comme unité de lecture. Toutefois, il apparaît que la syllabe est contrainte par plusieurs aspects. D'une part, le niveau de lecture est déterminant dans l'accès à des unités larges (i.e., les enfants bons lecteurs accèdent plus facilement à la syllabe) et d'autre part, la complexité syllabique joue un rôle crucial dans la capacité des jeunes enfants à traiter les syllabes (i.e., les structures CV sont mieux traitées que les structures complexes CCV ou CVC). Ce portrait permet de tirer une conclusion : la syllabe ne serait importante en lecture qu'à partir du moment où une certaine forme *d'expertise* se serait mise en place, c'est-à-dire à partir du moment où l'enfant serait capable de passer d'un traitement grapho-phonémique à un traitement grapho-syllabique.

6. Conclusion

Différentes contraintes modulent le format et la nature des unités préférentielles durant l'apprentissage de la lecture. Les points essentiels sont que les caractéristiques linguistiques, au même titre que la méthode d'enseignement, influencent la manière dont les enfants vont être capables de reconnaître des mots écrits. D'autre part, malgré l'intérêt des études inter-langues, il

ressort qu'en vertu des contraintes précitées, les données ne sont pas transposables d'une langue à l'autre (Morais, 1995) et qu'il est bien plus intéressant de privilégier les études longitudinales afin d'établir une trajectoire développementale. Ainsi, en français, la syllabe ne serait pas accessible à n'importe quel moment du développement. Il semblerait que les habiletés développées avec le langage oral soient à l'origine des habiletés retrouvées à l'écrit pour manipuler les syllabes. Les enfants devraient dans un premier temps apprendre les règles CGP pour pouvoir ensuite établir des correspondances entre leurs connaissances implicites sur les syllabes et leurs connaissances explicites sur des unités plus larges comme la syllabe, issues de l'apprentissage explicite des CGP.

Un de nos autres objectifs majeurs est d'enrichir les données expérimentales qui placent la syllabe comme unité phonologique précoce dans l'apprentissage de la lecture en français. Il s'agit de déterminer une trajectoire développementale (i.e., au CP, CE₂ et CM₂) dans l'utilisation des procédures phonologiques de lecture (i.e., traitement grapho-phonémique et/ou traitement grapho-syllabique) en accord avec la théorie des petites unités (Seymour et al., 1997). En nous appuyant sur une tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots, l'objectif est de préciser l'ordre de succession dans la maîtrise des unités de lecture et de comprendre si – et comment – la fréquence syllabique et la fréquence lexicale influencent les traitements mis en œuvre par les enfants.

7. Synthèse du chapitre 5

Lors de ce chapitre, nous avons présenté les étapes successives de l'apprentissage de la lecture en définissant le rôle de la médiation phonologique et du développement de la conscience phonologique comme mécanismes indispensables de la réussite en lecture. Nous avons particulièrement insisté sur l'importance de la conscience phonologique comme facteur prédisant le mieux la réussite en lecture (e.g., Wagner & Torgesen, 1987), tout en cherchant à faire un état des lieux des recherches sur la taille des unités de lecture et des facteurs linguistiques les contraignant.

Nous avons pu constater que les chercheurs ne s'accordent toujours pas sur la taille des unités qui sont privilégiées lors de l'apprentissage de la lecture : la rime (e.g., Goswami & Bryant, 1990) ou le phonème (e.g., Muter et al., 1998) en anglais. En français, de nombreuses recherches ont proposé que la syllabe puisse être l'unité phonologique de la lecture (e.g., Colé et al., 1999).

Nous avons aussi succinctement cadré les deux courants théoriques qui s'opposent quant à la manière d'aborder le développement dans la maîtrise des unités de lecture. D'une part, nous avons présenté les partisans d'un développement allant des unités larges (e.g., la rime ; Goswami, 1986) aux unités réduites (i.e., le phonème) et d'autre part, les partisans d'un développement se déroulant des unités réduites aux unités larges (e.g., Seymour et al., 1997).

Comme l'ont proposé Ziegler et Goswami (2005), la taille des unités serait dépendante des caractéristiques de la langue dans laquelle s'effectue l'apprentissage. Plus spécifiquement, la régularité et la consistance des correspondances entre les graphèmes et les phonèmes seraient des facteurs directement impliqués dans le recours à un type d'unité particulier. D'ailleurs, la vaste étude européenne menée par Seymour et al. (2003) dresse un constat assez éloquent : plus la langue est opaque, moins l'acquisition des règles CGP est rapide rendant ainsi les performances en lecture de pseudomots assez faibles, au moins lors des premières années d'apprentissage. De ce fait, nous avons pu remettre en cause l'idée d'une transposition de résultats obtenus dans une langue telle que l'anglais à une langue comme le français compte tenu de leurs différences linguistiques assez profondes (e.g., structures syllabiques, irrégularité des CGP...).

Enfin, nous avons appuyé notre démonstration du rôle que pourrait occuper la syllabe en français au travers d'un ensemble vaste et varié de travaux conduits récemment (e.g., Colé et al., 1999 ; Kandel et al., 2006). Nous avons ainsi pu extraire certaines caractéristiques de l'apprentissage de la lecture en français : la syllabe est effectivement une unité rapidement utilisée en lecture, probablement grâce aux connaissances implicites développées avec l'exposition au langage oral. Toutefois, son recours en tant qu'unité phonologique de lecture serait dépendant du niveau de lecture et de la complexité des structures syllabiques (i.e., les syllabes CV seraient plus

rapidement acquises et maîtrisées que les structures complexes comme les CCV ou CVC). De plus, son utilisation apparaît comme très précoce en lecture (i.e., milieu de CP). Les résultats obtenus indiquent que le recours aux syllabes ne serait possible que lorsque les règles CGP et l'application d'un traitement grapho-phonémique seraient maîtrisées, avant qu'un traitement plus large, moins coûteux ne s'appuie sur un traitement grapho-syllabique, en conformité avec la théorie des petites unités (Seymour et al., 1997).

Comme lors des précédents chapitres, les caractéristiques de chaque langue, dans leur globalité, sont un facteur qui module profondément la vitesse et la qualité du développement des habiletés de lecture. Le statut de la syllabe semble se renforcer en français, mais il reste nécessaire d'obtenir des preuves de la trajectoire développementale des unités de lecture, jusqu'alors essentiellement étudiée en anglais. L'intérêt est capital, car cela permettrait de comparer le parcours développemental d'enfants normo-lecteurs à celui d'enfants dyslexiques développementaux. Tel est l'un de nos objectifs.

CHAPITRE 6

– Les déficits cognitifs & phonologiques dans la dyslexie –

1. Introduction

Les chapitres précédents ont abordé le traitement de la syllabe et ses caractéristiques linguistiques chez le lecteur expert et l'apprenti-lecteur. Si la syllabe apparaît être une unité de première importance dans de nombreuses tâches, au moins en français, son statut pendant l'apprentissage de la lecture est encore débattu et son développement est sujet à précaution.

La question posée ici est celle du traitement phonologique chez les sujets dyslexiques et plus particulièrement la place du traitement grapho-syllabique.

L'objectif va consister à présenter la dyslexie et les différentes théories explicatives proposées. Il s'agira de mieux cerner les mécanismes déficitaires et de comprendre comment l'apprentissage de la lecture peut s'effectuer chez ces enfants.

2. Dyslexie ou dyslexies, quelles caractéristiques ?

2.1. Introduction

La dyslexie développementale est un trouble spécifique des apprentissages. Elle se définit comme un trouble persistant de l'apprentissage de la lecture en dehors d'un environnement socio-éducatif insuffisant, d'une scolarisation atypique, d'un déficit sensoriel profond, d'une déficience intellectuelle ou de tout autre trouble psychologique. Elle se caractérise par un retard en lecture compris en 18 et 24 mois (cf. CIM-10, 1994 ; DSM-IV-TR, 2004).

Une définition, plus précise, peut actuellement être avancée en prenant en compte les découvertes récentes dans les domaines de la génétique, de la neurobiologie et des manifestations comportementales. Ainsi, nous verrons en présentant l'état actuel des recherches qu'il est possible d'affiner la définition de la dyslexie développementale. La dyslexie serait un trouble spécifique de l'apprentissage de la lecture dont les origines sont neurobiologiques et probablement génétiques. Par ailleurs, il est maintenant reconnu que le degré de transparence des CGP, qui varie d'une langue à l'autre, est un facteur important des variations du nombre et de la forme de dyslexie

prédominante (e.g., Landerl, Wimmer & Frith, 1997 ; Miles, 2000 ; Paulesu, Démonet, Fazio, McCrory, Chanoine, Brunswick, Cappa, Cossu, Habib, Frith & Frith, 2001 ; Ziegler, Perry, Ma-Wyatt, Ladner & Schulte-Körne, 2003).

Il demeure encore difficile de connaître avec précision la proportion de personnes atteintes d'une dyslexie. En effet, entre les retards de diagnostics, les divergences dans la prise en compte de certains aspects étiologiques selon les études ou l'absence de prise en charge, il n'existe un consensus que sur l'intervalle probable, compris approximativement entre 3 et 10% de la population mondiale (Sprenger-Charolles & Colé, 2003). En français, l'étude longitudinale de Sprenger-Charolles, Colé, Lacert et Serniclaes (2000) a conclu qu'environ 6% d'enfants issus d'une population d'enfants français seraient dyslexiques.

Basée sur les modèles à Double Voie (e.g., Coltheart et al., 2001), la prise en compte des déficits des dyslexiques, ainsi que leur classification dans des sous-types contrastés par rapport à l'atteinte de l'une des deux voies de lecture présente chez l'adulte expert normo-lecteur (cf. Chapitre 3, Partie 2.1), n'est pas sans poser de problèmes et a fait naître de sérieuses controverses. Nous présenterons les principales catégories de dyslexies développementales avec les déficits les accompagnant et nous soulèverons quelques problèmes méthodologiques et théoriques.

2.2. Formes et déficits des dyslexies développementales

2.2.1. Dyslexie visuelle (ou visuo-attentionnelle)

Très rarement étudiée, l'un des rares cas décrits a été présenté par Valdois, Gérard, Vaneau et Dugas (1995). Les auteurs ont mis en évidence comme traits caractéristiques une lenteur de lecture sans effet de fréquence ou de régularité, des sauts de lignes, des erreurs visuelles en lecture de mots isolés, des additions, substitutions, omissions ou inversions de lettres. Selon les auteurs et certaines recherches ultérieures (i.e., Bosse, Tainturier & Valdois, 2007 ; Valdois, Bosse, Ans, Zorman, Carbonnel, David & Pellat, 2003, cf. Chapitre 6, Partie 3.6.3.), il s'agirait de troubles dans l'encodage positionnel des lettres causés par une mauvaise orientation attentionnelle.

2.2.2. Dyslexie de surface

Cette forme est apparentée à la dyslexie *dyséidétique* (Boder, 1973). Elle serait due à une atteinte de la voie par adressage et entraînerait une utilisation quasi exclusive de la voie par assemblage. Elle rapporte de faibles performances sélectives en lecture de mots irréguliers (avec des erreurs de régularisation) tandis que celles en lecture de mots réguliers et de pseudomots sont correctes. Des confusions et des inversions de lettres visuellement proches sont également relevées. Cette dyslexie ne semble pas reposer sur des troubles majeurs de la conscience

phonologique, mais sur des troubles visuo-attentionnels empêchant les traitements orthographiques (e.g., Goulandris & Snowling, 1991 ; Valdois, 1996a ; b).

2.2.3. Dyslexie phonologique

Cette forme correspond à la définition de la dyslexie *dysphonétique* (Boder, 1973). Elle proviendrait d'une difficulté à mettre en place et à recourir à la voie par assemblage pour appliquer les règles de CGP. Le profil de lecture montre des troubles sélectifs particulièrement marqués pour lire des mots peu fréquents et des pseudomots (avec des erreurs de lexicalisation) alors que la lecture de mots réguliers, irréguliers et fréquents n'est pas tout à fait affectée. De plus, les effets *classiques* issus de facteurs psycholinguistiques tels que la fréquence, la régularité ou le voisinage sont retrouvés. De nombreuses omissions, substitutions, inversions ou additions de lettres sont observées. Cette dyslexie s'accompagne fréquemment de troubles de la *mémoire à court terme phonologique* (i.e., *phonological short-term memory, MCTP*) et de la conscience phonologique (e.g., Snowling, Stackhouse & Rack, 1986 ; Sprenger-Charolles et al., 2000). En revanche, la voie par adressage est efficiente, rendant possible la lecture des mots fréquents, réguliers ou non.

2.2.4. Dyslexie mixte

Cette forme combine les déficits portant sur la voie par assemblage et par adressage. Elle engendre des difficultés pour lire les mots irréguliers et les pseudomots. Actuellement, cette sous-catégorie engrange de nombreux arguments favorables dans la mesure où un ensemble de travaux vient apporter des arguments en faveur de profils de dyslexiques indissociables. Il s'avère maintenant important de prendre en considération que les dyslexiques peuvent souffrir des deux types de déficits, avec une possible prévalence de l'une des deux altérations.

2.2.5. Controverses d'interprétation et de classification des déficits

En anglais, Manis, Seidenberg, Doi, McBride-Chang et Petersen (1996) et Stanovich, Siegel et Gottardo (1997) ou en français, Génard, Mousty, Content, Alégria, Leybaert et Morais (1998) ou Sprenger-Charolles et al. (2000) ont étudié spécifiquement les caractéristiques de chaque sous-type de dyslexies développementales. Dans tous les cas, les auteurs ont mis en évidence une forte proportion de profils de dyslexie mixte. Ces études, prises dans leur ensemble, permettent de montrer des profils dissociés en fonction des mesures effectuées pour chaque tâche : précision ou temps de réponse. Toutefois, que ce soit en anglais ou en français, la proportion de dyslexie phonologique est plus importante que celle de dyslexie de surface. Toutefois, Sprenger-Charolles et al. (2000) ont mis en évidence que considérer les deux types de mesure permet de

montrer la présence d'un *double déficit*, à savoir phonologique et de surface. Il conviendrait mieux de considérer que les profils dissociés sont rares, étant donné que les études ne mesurent en général qu'un seul paramètre.

Par ailleurs, dans les études de Manis et al. (1996), de Stanovich et al. (1997) ou de Bailey, Manis, Pedersen & Seidenberg (2004), seuls les dyslexiques phonologiques ont des performances inférieures à des normo-lecteurs de même âge lexique en analyse phonémique. Stanovich et al. (1997) ont alors proposé que les déficits phonologiques des dyslexiques de surface seraient plus légers que ceux des dyslexiques phonologiques, car ils seraient couplés à une faible exposition à l'écrit. Par contre, Sprenger-Charolles et al. (2000) ont observé que quel que soit le type de dyslexies, les compétences sont amoindries en analyse phonémique, en MCTP et en *dénomination automatique rapide* (i.e., *Rapid Automatic Naming, RAN*) par rapport à des normo-lecteurs de même âge lexique¹⁴. Par ailleurs, les données montrent en effet que les enfants dyslexiques souffrent d'une trajectoire développementale systématiquement déviante de leurs habiletés phonologiques, plus lents et moins performants comparativement à des enfants appariés en âge chronologique et en âge lexique pour lire des pseudomots (i.e., effet de lexicalité) (e.g., Casalis, 1995 ; Van Ijzendoorn & Bus, 1994 ; Wimmer, 1993). Mais les effets de régularité sont comparables avec des enfants appariés en âge lexique (Metsala, Stanovich & Brown, 1998) (voir aussi Grainger, Bouttevin, Truc, Bastien & Ziegler, 2003). Philip Seymour (1986, cité par Sprenger-Charolles et Colé, 2003) explique que certains dyslexiques sembleraient pouvoir mettre en place des stratégies compensatoires basées sur des procédures lexicales, expliquant de meilleures performances en lecture de pseudomots quand ils se prononcent comme des mots ou quand les traitements hors lecture s'appliquent sur des mots simples et fréquents (Swan & Goswami, 1997).

De récents travaux chez des dyslexiques italiens ou allemands sont venus interpréter leur lenteur en terme de difficultés à mémoriser la forme visuelle des mots alors que les déficits de précision chez les dyslexiques anglais proviendraient d'une déficience phonologique. En résumé, les dyslexiques non anglophones souffriraient de dyslexie de surface (Zoccolotti, De Luca, Di Pace, Judica, Orlandi & Spinelli, 1999) alors que les dyslexiques anglais seraient atteints de dyslexie phonologique (e.g., Hutzler & Wimmer, 2004). Ces derniers ont ainsi montré que

¹⁴ Deux hypothèses sur la source des difficultés chez les dyslexiques coexistent : des déficits en analyse phonémique et en mémoire à court terme phonologique expliqueraient les troubles de la précision des réponses alors qu'un déficit dans le temps d'accès au lexique, évalué sur la base de RAN rendrait compte de la lenteur des temps de réponse (pour des critiques récentes, voir Vellutino, Fletcher, Snowling & Scanlon, 2004).

l'opacité de l'orthographe influencerait la durée moyenne des fixations oculaires, plus courte chez les Italiens que chez les Allemands (De Luca, Borrelli, Judica, Spinelli & Zoccolotti, 2002). Enfin, l'opacité de l'orthographe pourrait expliquer les différences de proportion de déficits chez les dyslexiques anglais, plus importants, que chez les dyslexiques français (e.g., Paulesu et al., 2001). Compte tenu d'une transparence plus élevée des CGP en français qu'en anglais, les dyslexiques français pourraient tout de même utiliser une procédure phonologique plus *efficacement* que les dyslexiques anglais, les troubles ne se manifestant dès lors que par la lenteur des temps de réponse (e.g., Sprenger-Charolles et al., 2000 ; Ziegler et al., 2003).

2.3. Conclusion

Il ressort qu'il est difficile d'opter pour une classification stricte des dyslexiques. Comme le soulignent Ziegler et Goswami (2005), la présence de déficits similaires quelle que soit la langue dans des tâches impliquant des traitements phonologiques plus ou moins fins, ne permet que difficilement de soutenir une classification en sous-types contrastés de dyslexies. L'une des caractéristiques récurrentes des dyslexiques serait un niveau de performances plus faible en analyse phonémique comparativement à des enfants de même âge chronologique et/ou lexique, même dans une langue possédant des CGP opaques (Goswami, 2002). Ainsi, les analyses de régression montrent que la variance en lecture est majoritairement expliquée par les performances en analyse phonémique (Chiappe, Stringer, Siegel à Stanovich, 2002). Si la transparence des CGP est reconnue comme un facteur influençant la vitesse et la qualité des acquisitions, même en anglais (e.g., Spencer, 2000), l'une des questions les plus importantes restées en suspens dans cette introduction demeure les origines de ces déficits. Dans la partie suivante, nous allons donc présenter les différentes hypothèses explicatives et nous appuyer sur l'une d'entre elles pour réaliser l'un des objectifs de cette thèse : étudier et spécifier les caractéristiques développementales et linguistiques des déficits phonologiques en précisant le rôle de la syllabe, de la sonorité, de la phonotactique et du voisement chez des enfants dyslexiques français, comparés à des enfants de mêmes âges chronologiques et lexiques.

3. Origines et hypothèses explicatives

3.1. Génétique et dyslexie

Depuis plusieurs décennies, l'aspect héréditaire de la dyslexie a suscité de nombreuses spéculations. Grâce à des études ciblées et à l'essor des techniques, l'incidence de facteurs génétiques a donné lieu à des travaux intéressants. Des études familiales ont montré la portée de

l'héritabilité dans des familles où des membres présentaient des troubles dyslexiques (e.g., DeFries, Fulker & Labuda, 1987 ; Lyytinen, Aro, Eklund, Erskine, Guttorm, Laakso et al., 2004 ; Snowling, Gallagher, Frith, 2003). Ces résultats ont renforcé l'hypothèse d'une héritabilité génétique sans qu'il ne soit possible d'identifier les gènes impliqués et leurs rôles spécifiques. Les progrès récents ont permis d'identifier une multiplicité de régions chromosomiques potentielles qui laisse transparaître une implication intriquée de plusieurs gènes (Fisher & DeFries, 2002 ; Grigorenko, 2001). Quatre sites (ou loci) ont été identifiés et sont susceptibles d'être liés aux troubles dyslexiques (i.e., DYX1 sur le chromosome 15, DYX2 sur le chromosome 6, DYX3 sur le chromosome 2 et DYX5 sur le chromosome 3). Certains gènes seraient notamment impliqués dans les phénomènes de migration neuronale (e.g., Taipale, Kaminen, Nopola-Hemmi, Haltia, Myllyluoma, Lyytinen et al., 2003 ; Wang, Paramasivam, Thomas, Bai, Kaminen-Ahola, Kerer et al., 2006) et dans la régulation du guidage axonal inter-hémisphère pour la transduction du signal (e.g., Hannula-Jouppi, Kaminen-Ahola, Taipale, Eklund, Nopola-Hemmi, Kääriäinen et al., 2005 ; Nopola-Hemmi, Myllyluoma, Haltia, Taipale, Ollikainen, Ahonen et al., 2001).

L'apport des découvertes génétiques est instructif, mais comme le rappelle Stanislas Dehaene (2007), à ce jour, il n'existe pas de gène de la dyslexie. Finalement, peu d'études sont parvenues à établir un lien entre génotype et manifestations phénotypiques liées à la lecture (mais voir Grigorenko, Wood, Golovyan, Meyer, Romano & Pauls, 2003). Cela se doit notamment à la récurrence des travaux, mais aussi à l'étendue des gènes à *inspecter*. Ramus (2004) souligne qu'il existe une grande hétérogénéité au niveau des anomalies génétiques et qu'il est probable qu'une seule aberration génétique ne soit pas seule responsable des troubles cognitifs. Par ailleurs, l'absence de répllication dans certaines études pourrait s'interpréter comme un problème d'identification des véritables gènes dits de susceptibilité (e.g., Galaburda, LoTurco, Ramus, Fitch & Rosen, 2006). Enfin, il ne faut pas négliger l'aspect environnemental dans lequel chaque sujet se développe et dont la combinaison avec les facteurs génétiques peut accroître cette diversité (e.g., Castles, Datta, Gayan & Olson, 1999).

3.2. Anomalies neuro-anatomo-fonctionnelles

3.2.1. Introduction

Depuis l'essor des techniques d'imagerie cérébrale, l'observation et la compréhension de la neurophysiologie des mécanismes cérébraux impliqués dans les traitements langagiers se sont considérablement enrichies (pour une revue détaillée, voir Dehaene, 2007 ; Démonet, Thierry & Cardebat, 2005). De plus en plus, il est possible de délimiter et de déterminer *avec précision* le rôle de zones spécifiques du cerveau dans une vaste gamme d'activités cognitives, telles que la

lecture. Par ailleurs, les études en neuroimagerie ont contribué à l'étude et la comparaison de populations normales et dyslexiques (Habib, 2000 ; Price, 2000).

3.2.2. Mécanismes cérébraux normaux de la lecture

Chez l'adulte, la distribution des activations en lecture peut être circonscrite dans un réseau hémisphérique gauche, subdivisé en deux circuits postérieurs et un antérieur (Pugh, Mencl, Jenner, Katz, Frost, Lee et al., 2000 ; Pugh, Mencl, Jenner, Katz, Frost, Lee et al., 2001). La localisation des activations cérébrales se masse également dans la *région périsylvienne gauche* (Paulesu, Frith, Snowling, Gallagher, Morton, Frackowiak et al., 1996) encadrant la scissure de Sylvius qui sépare le lobe frontal contenant l'aire de Broca (AB44/AB45) et le lobe temporal contenant l'aire de Wernicke (AB22).

Selon Pugh et al. (2000), il existerait un *circuit dorsal* se situant dans l'aire pariéto-temporale postérieure gauche comprenant le gyrus supramarginal (AB40) et le gyrus angulaire (AB39). Le *circuit ventral*, localisé dans la région occipito-temporale inférieure gauche, comprendrait le gyrus fusiforme (AB37) dénommé *Aire Visuelle de la Forme des Mots* (i.e., *Visual Word Form Area, VWFA*, Cohen & Dehaene, 2004). D'après les travaux de McCandliss, Cohen et Dehaene (2003), le VWFA serait une zone développée par expérience avec la mise en place des stratégies d'extraction des informations pour accroître l'efficacité en reconnaissance visuelle de mots. Enfin, le circuit antérieur contiendrait le gyrus frontal inférieur gauche, englobant les aires AB44/45 (i.e., *pars triangularis* et *pars opercularis*, Mechelli, Crinion, Long, Friston, Ralph, Patterson et al., 2005), l'insula ainsi qu'une partie du cortex pré-moteur (AB6). La propagation des activations cérébrales progresserait ainsi de la région occipito-temporale inférieure gauche via la région pariéto-temporale postérieure gauche jusqu'au gyrus frontal inférieur gauche (Pugh et al., 2000). Plus schématiquement, le circuit ventral sous-tendrait la procédure d'adressage, automatique tandis que le circuit dorsal sous-tendrait la procédure d'assemblage, contrôlée, le circuit antérieur étant impliqué dans les processus phonologiques et articulatoires en production, comme en répétition subvocale (Fiez & Petersen, 1998). Comme le rappellent Shaywitz, Shaywitz, Pugh, Fulbright, Mencl, Constable et al. (2001), le gyrus angulaire serait dédié aux processus de mise en relation des formes visuelles et des caractéristiques linguistiques alors que le gyrus supramarginal interviendrait dans le stockage et le traitement des représentations phonologiques. Enfin, des structures telles que le thalamus et le gyrus cingulaire (AB23/24) auraient pour fonction de rafraîchir les informations via la boucle articulatoire¹⁵ (pour des détails, voir Démonet, 2002).

¹⁵ Le système de mémoire de travail (à court terme) (Baddeley, 1986, cité par Habib, 1997) serait, notamment, composé de la « boucle phonologique » ou « boucle articulatoire », décomposée en deux sous-

3.2.3. Anomalies morphologiques et fonctionnelles chez les dyslexiques

Depuis les travaux initiés par Galaburda, Sherman, Rosen, Aboitiz et Geschwind (1985) qui ont permis d'observer les premières malformations morphologiques neuroanatomiques, les recherches ont révélé deux grandes catégories d'anomalies cérébrales. D'une part, les études ont trouvé des anomalies microscopiques sous-corticales (e.g., ectopies, dysplasies, polymicrogyri, anomalies morphologiques et fonctionnelles des cellules des noyaux-relais thalamiques au niveau des noyaux géniculés latéraux et médians, e.g., Galaburda, 2002) et des désorganisations dans les connexions des faisceaux de fibres nerveuses de la matière blanche (e.g., Deutsch, Dougherty, Bammer, Siok, Gabrieli & Wandell, 2005 ; Klingberg, Hedehus, Temple, Salz, Gabrieli, Moseley & Poldrack, 2000). D'autre part, des anomalies macroscopiques corticales ont également été observées : des anomalies structurales du corps calleux (e.g., Robichon, Bouchard, Démonet & Habib, 2000) ; des défauts d'asymétrie de l'aire pariétale gauche (e.g., Habib, Giraud, Rey & Robichon, 1999) ; des défauts d'asymétrie du planum temporale (e.g., Galaburda et al., 1985 mais voir Hugdahl, Steinmetz, Smievoll, Stevenson, Lund, Ersland et al., 2000 ; Rumsey, Donohue, Brady, Nace, Giedd & Andreason, 1997) ; des défauts d'asymétrie des lobes cérébelleux (e.g., Eckert, Leonard, Richards, Aylward, Thomson & Berninger, 2003).

Au niveau des activations cérébrales, des résultats consistants ont été obtenus concernant des hypo-activations ou des absences d'activations dans le gyrus frontal inféro-postérieur gauche (e.g., Eckert et al., 2003 ; Temple, Poldrack, Protopapas, Nagarajan, Salz, Tallal et al., 2000), dans l'aire occipito-temporale gauche (e.g., Helenius, Tarkiainen, Cornelissen, Hansen & Salmelin, 1999 ; Pugh et al., 2000 ; Salmelin, Service, Kiesilä, Uutela & Salonen, 1996 ; Shaywitz, Shaywitz, Fulbright, Constable, Mencl, Shankweiler et al., 1998 ; Shaywitz, Shaywitz, Pugh, Mencl, Fulbright, Skudlarski et al., 2002). Paulesu et al. (2001) ont précisément observé une absence d'activations dans le gyrus fusiforme pour les Anglais, Français et Italiens, abondant dans le sens de l'existence d'une base commune des troubles de la lecture. La réduction des activités cérébrales dans une zone du cortex occipito-temporal gauche en lecture de mots a renforcé l'idée d'une base neurologique déficitaire commune chez les dyslexiques pour l'intégration de la phonologie, de l'orthographe et des informations visuelles (McCrory, Mechelli, Frith & Price, 2005). Toutefois, des mécanismes cérébraux compensatoires – preuves d'une certaine plasticité

systèmes distincts. L'un, capable de répétition subvocale et l'autre, capable du maintien dans un stock temporaire à capacité limitée des unités phonologiques. La « boucle phonologique » serait dépendante du lobe pariétal gauche, ce qui expliquerait, chez les dyslexiques, les difficultés de maintien des informations par un faible empan mnésique et interférant avec le processus d'assemblage qui repose partiellement sur le maintien des informations lues pour la conversion des représentations.

cérébrale pour la réorganisation des activités corticales chez les dyslexiques – ont été mis en évidence sous la forme d’hyper-activations dans le gyrus frontal inféro-postérieur gauche (e.g., Brunswick, McCrory, Price, Frith & Frith, 1999 ; Temple, Poldrack, Salidis, Deutsch, Tallal, Merzenich et al., 2001) et dans le gyrus temporal postérieur droit et dans la région pariéto-temporale droite (Simos, Breier, Fletcher, Bergman & Papanicolaou, 2000).

3.2.4. Conclusion

Les diverses études tendent essentiellement à mettre en évidence des défauts de connectivité des réseaux corticaux temporo-pariéto-frontaux (i.e., entre les zones postérieures et antérieures) et des circuits ventraux et dorsaux (e.g., Horwitz, Rumsey & Donohue, 1998 ; Klingberg et al., 2000), notamment par le biais d’un dysfonctionnement de la région inféro-frontale gauche (e.g., Paulesu et al., 1996). Cependant, les synthèses s’accordent sur le manque d’universalité des observations concernant certaines asymétries fonctionnelles (Habib, 1997). Comme le résume Eckert (2004), les découvertes ont fréquemment démontré une très forte inconsistance dans la structure de certaines régions cérébrales des sujets dyslexiques, plus que chez les sujets normaux. Les études en neuroimagerie ont considérablement fait progresser la base de connaissances des mécanismes normaux et physiopathologiques de la lecture. Des controverses continuent d’animer les recherches sur les anomalies anatomo-fonctionnelles des dyslexiques puisqu’elles présentent un éventail très hétérogène même s’il demeure possible de les circonscrire aux aires périsylviennes.

3.3. Hypothèse motrice

3.3.1. Introduction

L’hypothèse motrice, également dénommée *hypothèse cérébelleuse*, est caractérisée par l’existence de troubles moteurs dont l’origine serait sous-tendue par des anomalies du cervelet (Nicolson, Fawcett & Dean, 2001a ; b). Certains dyslexiques présentent des manifestations variées de troubles en lien avec l’activité du cervelet : troubles de l’équilibre¹⁶, de l’estimation temporelle, de la coordination motrice, de la dextérité manuelle, du contrôle des muscles oculaires, de l’automatisation de procédures (pour une revue, voir Stoodley, Harrison & Stein, 2006) et plus globalement en lecture... En effet, l’activité de lecture repose sur un mécanisme d’automatisme, sans contrôle volontaire, régulé par le cervelet. Les troubles moteurs s’observent également par une réduction de la vitesse de planification et d’exécution des gestes articulatoires

¹⁶ Voir la théorie du trouble de la proprioception (i.e., troubles posturaux, d’équilibre et des réflexes) (Quercia, Seigneuric, Chariot, Vernet, Pozzo, Bron, Creuzot-Garcher & Robichon, 2005).

(Fawcett & Nicolson, 2002). Une étude récente (Griffiths & Frith, 2002) a montré que des adultes dyslexiques présentent une mauvaise conscience articulatoire, à savoir qu'ils ne parviennent pas à identifier la configuration des mouvements bucco-phonatoires et à gérer la coordination motrice adéquate pour la prononciation des phonèmes.

3.3.2. Manifestations neurophysiologiques et comportementales

Selon cette hypothèse, un faible degré d'automatisation lié aux déficits cérébelleux pourrait rendre compte des difficultés à appliquer les règles CGP chez les dyslexiques, car cette opération, certes contrôlée dans son accession, requiert un degré d'automatisation suffisant dans son déroulement. Dans une optique assez proche selon certains auteurs, il existerait un déficit spécifique du mécanisme de répétition subvocale, mécanisme de renforcement entre unités écrites et orales utilisé pendant la lecture, impliqué lors du développement des règles CGP, Heilman, Voeller & Alexander, 1996).

Parallèlement, les études ont mis en évidence un ensemble d'anomalies neuroanatomiques situées au niveau du cervelet. Parmi ces anomalies, les recherches ont dégagé des dysfonctionnements métaboliques (Rae, Lee, Dixon, Blamire, Thompson, Styles et al., 1998) et des défauts d'asymétrie et de densité de la matière grise (e.g., Kronbichler, Wimmer, Staffen, Hutzler, Mair & Ladurner, 2007 ; Rae, Harasty, Dzendrowskyj, Talcott, Simpson & Blamire, 2002). Des réductions du volume et des activités cérébrales ont été mises en lien avec un défaut d'automatisation dans des séquences motrices apprises (Nicolson, Fawcett, Berry, Jenkins, Dean & Brooks, 1999), dans des tâches de lecture (Brunswick et al., 1999) et dans des tâches de répétition (McCrorry, Frith, Brunswick & Price, 2000).

Pour tenter de relier les troubles moteurs aux troubles phonologiques, Nicolson et Fawcett (2005) ont élaboré un cadre théorique des déficits cérébelleux : un plan cognitif décrit en termes de faibles habiletés d'automatisme et un plan cérébral renvoyant aux anomalies cérébelleuses. Le plan cognitif s'analyserait sur la base du plan cérébral, via les troubles d'articulation et de mémorisation, et ce, jusqu'aux déficits phonologiques. Les spécificités des anomalies cérébelleuses, les expériences et les liens établis entre les différentes régions cérébrales pourraient déterminer les sous-types de dyslexies. Mais les résultats de Ramus, Pidgeon et Frith (2003a) n'ont répliqué les observations selon lesquelles les dyslexiques présentent des troubles posturaux ou de dextérité manuelle que chez une minorité de sujets présentant des troubles attentionnels ou d'hyperactivité. Ces données s'accordent avec les travaux de Chaix, Albaret, Brassard, Cheuret, De Castelnaud, Benestau et al., (2007) qui ont observé que les troubles moteurs sont accrus lorsqu'associés à des déficits attentionnels.

3.3.3. Conclusion

L'une des grandes faiblesses de l'hypothèse motrice repose sur, d'une part, la grande variabilité des sujets touchés par des troubles moteurs d'une étude à l'autre (de 0 à 80% selon Ramus, 2003) avec une forte proportion d'entre eux pouvant être affectés par des troubles associés de type déficits attentionnels ou hyperactivité (Ramus et al., 2003a). D'autre part, les données ont principalement été obtenues dans les équipes de Roderick Nicolson et Angela Fawcett; bon nombre de recherches n'est pas parvenu à répliquer leurs résultats et de nombreuses critiques ont ainsi été formulées à l'encontre de leurs travaux.

Que les hypoactivations cérébelleuses et les anomalies neuroanatomiques n'engendrent pas toutes les manifestations cliniques des troubles cérébelleux (Zeffiro & Eden, 2001), l'absence de diminution systématique de la densité de matière grise dans le cervelet (e.g., Silani, Frith, Démonet, Fazio, Perani, Price et al., 2005), l'absence de déficits d'automatisation des procédures (Wimmer, Mayringer & Landerl, 1998) ou l'absence de troubles de la motricité (Ramus, Rosen, Dakin, Day, Castellote, White et al., 2003b), les résultats ont nuancé les relations causales prédictives entre habiletés motrices et habiletés phonologiques (e.g., White, Milne, Rosen, Hansen, Swettenham, Frith et al., 2006).

3.4. Hypothèse auditive-temporelle

3.4.1. Introduction

Depuis les premiers travaux de Paula Tallal (e.g., Tallal & Piercy, 1973 ; 1975), les données neuroanatomiques, comportementales et, plus récemment, neurophysiologiques se sont accumulées pour défendre l'existence d'un déficit auditif temporel comme mécanisme causal des troubles phonologiques chez les dyslexiques. La position défendue par Tallal (1980) est celle d'une déficience dans les traitements auditifs brefs se succédant rapidement, que les stimuli soient verbaux ou non verbaux. Un déficit dans le traitement des signaux acoustiques brefs et rapides empêcherait la discrimination d'indices acoustiques nécessaires à la distinction des phonèmes. L'approche théorique de Farmer et Klein (1995), basée sur les découvertes de Paula Tallal, a regroupé les difficultés concernant les événements brefs des modalités visuelles et auditives sous la notion élargie de déficits des traitements temporels.

3.4.2. Arguments et contre-arguments

Selon Tallal (1980), les caractéristiques des stimuli reposent sur leur ordre d'apparition, leur durée individuelle et la rapidité de leur succession. Cependant, contrairement à Tallal (1980), la sensibilité à la durée de l'*intervalle inter-stimuli* (i.e., *inter-stimuli interval, ISI*) n'a pas été forcément retrouvée en utilisant le même paradigme de jugement d'ordre temporel et les mêmes

conditions expérimentales (e.g., Chiappe et al., 2002 ; Share, Jorm MacLean & Matthews, 2002). Alors que Tallal (1980) et Reed (1989) ont montré que des sons purs et des syllabes CV artificiellement créés n'étaient pas correctement détectés surtout lorsque les ISI étaient très brefs (i.e., inférieurs à 300 ms), au contraire, l'étude de Share et al. (2002) a indiqué que seuls les résultats sur de longs intervalles présentaient des différences significatives entre dyslexiques et normo-lecteurs. En revanche, pour Ramus (2003) et Rosen (2003), les déficits auditifs, lorsqu'ils sont présents, ne sont pas liés à la rapidité de la succession des stimuli auditifs, car plusieurs études n'ont pas permis de retrouver des déficits limités à des intervalles brefs en utilisant les mêmes protocoles que Paula Tallal (e.g., Nittrouer, 1999 ; Marshall, Snowling & Bailey, 2001). De même, ces auteurs recensent que, parfois, aucune différence n'émergerait entre dyslexiques et normo-lecteurs dans des tâches de détection du nombre de sons en fonction d'un ISI variable (Ahissar, Protopapas, Reid & Merzenich, 2000). En effet, dans ce dernier cas, les sujets n'auraient tendance à entendre qu'un seul son quand ce dernier est court (e.g., McAnally & Stein, 1996 ; Ahissar et al., 2000). Par exemple, Chiappe et al. (2002) ont manipulé l'ISI (i.e., de 10 à 100ms) dans deux tâches (i.e., jugement d'ordre temporel et discrimination de paires de syllabes). Leurs résultats ont prouvé qu'il n'y avait pas de différences significatives entre dyslexiques et sujets de même âge chronologique, que ce soit pour des intervalles brefs (i.e., 10 et 25ms) ou longs (i.e., 30 et 100ms). Heiervang, Stevenson et Hugdahl (2002), à l'aide du même protocole que Paula Tallal, ont manipulé non seulement l'ISI mais aussi la durée des sons (e.g., 75ms ou 250ms). Ils ont trouvé que les dyslexiques se différencient des normo-lecteurs que pour les sons de 75ms, d'autant plus si l'ISI diminuait. Ces données confirment ainsi l'aspect de troubles reposant sur une composante « brièveté des stimuli » et « rapidité de succession des stimuli ». En sachant que le *délai de voisement* (i.e., *Voise Onset Time, VOT*) d'une consonne voisée ou non voisée dans une paire minimale (e.g., /ba/-/pa/) est généralement inférieur à 200 ms, l'encodage de ces sons serait problématique. Selon des auteurs tels que Tallal (1980) ou Reed (1989), des traitements auditifs rapides déficitaires pourraient être à l'origine des troubles phonologiques dans la mesure où il rendrait ambigu les frontières phonémiques nécessaires à l'apprentissage et l'utilisation des règles CGP (e.g., Nagarajan, Mahncke, Salz, Tallal, Roberts & Merzenich, 1999).

De nombreuses autres études sont ainsi venues remettre en question les aspects dégagés par les travaux de Paula Tallal, notamment en montrant que les dyslexiques ne manifestaient des difficultés que pour traiter des signaux acoustiques verbaux. Pour certains auteurs, l'origine des troubles en perception de parole serait phonétique (ou de nature parole-spécifique) et non pas générale (e.g., Mody, Studdert-Kennedy & Brady, 1997 ; Nittrouer, 1999 ; Rosen, 2003 ; Studdert-Kennedy, 2002). Ces auteurs défendent l'idée selon laquelle les difficultés à traiter les sons brefs se succédant rapidement proviendraient des caractéristiques des transitions consonne-

voyelle et de l'explosion des consonnes, très brèves, qui joueraient un rôle prépondérant dans la perception et la discrimination des phonèmes. Dans les travaux de Mody et al. (1997), les résultats ont montré qu'en discrimination et en jugement d'ordre temporel de stimuli verbaux se différenciant par un ou plusieurs traits phonétiques, seule la réduction des ISI sur des paires phonétiquement proches affectait les faibles lecteurs. De même, l'incidence du raccourcissement des ISI ne s'observe que pour les sons verbaux, pas avec les sons non verbaux. Les auteurs ont donc interprété leurs résultats en termes de difficultés de discrimination plutôt que de troubles de jugement d'ordre temporel. Avec des sujets dyslexiques, ce même genre de données a été obtenu dans de nombreuses études, comportementales ou électrophysiologiques (e.g., Breier, Gray, Fletcher, Foorman & Klaas, 2002 ; Rosen & Manganari, 2001 ; Schulte-Körne, Deimel, Bartling & Remschmidt, 1998a ; Schulte-Körne, Bartling, Deimel & Remschmidt, 1999 ; Serniclaes, Sprenger-Charolles, Carré & Démonet, 2001). En revanche, les études de Ramus et al. (2003b) et de White et al. (2006) n'ont pas mis en évidence de différences entre les traitements de sons verbaux et non verbaux, bien que les auteurs aient partiellement dégagé des profils de dyslexiques présentant des déficits spécifiquement linguistiques. Pour Ramus (2003), le déficit auditif ne semblerait pas à l'origine des troubles phonologiques et des difficultés en lecture. Les analyses statistiques effectuées par Ramus et al. (2003b) ou Chiappe et al. (2002) ont montré que les habiletés auditives expliquent peu ou pas du tout la variance en lecture.

3.4.3. Variabilités des manifestations auditives déficitaires

Les déficits auditifs peuvent se ranger une grande variabilité de manifestations (voir Nagarajan, 2002). Certains dyslexiques ont des difficultés pour traiter les signaux acoustiques et discriminer leurs seuils en fonction de leurs résolutions spectrales et temporelles (Ahissar et al., 2000 ; Hari, Säskilähti, Helenius & Uutela, 1999 ; Schulte-Körne et al., 1998a).

Par exemple, les troubles auditifs s'observent en *perception catégorielle* incluant des phonèmes naturels (Manis, McBride-Chang, Seidenberg, Keating, Doi, Munson et al., 1997 ; Breier, Gray, Fletcher, Diehl, Klaas, Foorman et al., 2001 ; Serniclaes et al., 2001 ; Serniclaes, Van Heghe, Mousty, Carré & Sprenger-Charolles, 2004). Les déficits sont retrouvés en discrimination d'intensité et de fréquences de sons purs (Ahissar et al., 2000 ; Witton, Talcott, Hansen, Richardson, Griffiths, Rees et al., 1998 ; Talcott, Witton, McClean, Hansen, Rees, Green et al., 1999), monoralement en détection de sons brefs dans un bruit masquant (Wright, Lombardino, King, Puranik, Leonard & Merzenich, 1997) ou binauralement (McAnally & Stein, 1996 ; mais voir Chait, Eden, Poeppel, Simon, Hill & Flowers, 2007), en masquage rétroactif (i.e., son à détecter suivi d'un autre son, Rosen & Manganari, 2001 ; Bishop, Carlyon, Deeks & Bishop, 1999), en traitement de syllabes CV présentées dans un bruit blanc (Cornelissen, Hansen,

Bradley & Stein, 1996), une diminution de la sensibilité pour percevoir et détecter de faibles taux de modulation d'amplitude (e.g., Goswami, Thomson, Richardson, Stainthorp, Hughes, Rosen et al., 2002 ; mesure de l'*Amplitude Modulation Following Response*, AMFR, McAnally & Stein, 1997 ; Menell et al., 1999) ou de modulation de fréquence (e.g., Witton, Stein, Stoodley, Rosner & Talcott, 2002), en détection de changements rapides de la fréquence des formants consonantiques (environ 40ms) (e.g., Adlard & Hazan, 1998 ; Masterson, Hazan & Wijayatilake, 1995)... Les travaux de Nina Kraus (e.g., Cunningham, Nicol, Zecker, Bradlow & Kraus, 2001 ; King, Warrier, Hayes & Kraus, 2002 ; Russo, Nicol, Zecker, Hayes & Kraus, 2005 ; Wible, Nicol & Kraus, 2005) ont montré une mauvaise synchronisation et une dégradation dans la génération et la transmission de l'activité neuronale dans le tronc cérébral, ce qui contribuerait à la diminution de l'intégrité de l'encodage des caractéristiques temporelles dans le cortex auditif, induites par des stimuli répétés ou des bruits masquants.

Witton et al. (2002) ont montré que les dyslexiques étaient moins performants que les normo-lecteurs à des seuils de 2Hz en *modulation de fréquence* (i.e., *Frequency Modulation*, FM) et de 20Hz en *modulation d'amplitude* (i.e., *Amplitude Modulation*, AM, voir aussi McAnally & Stein, 1996 ; Menell, McAnally & Stein, 1999). Lorenzi, Dumont et Füllgrabe (2000) ont obtenu des seuils de détection plus élevés que chez les normo-lecteurs pour des modulations d'amplitude de 4Hz mais les différences n'étaient pas significativement différentes à 64 ou 256Hz. Selon Rocheron, Lorenzi, Füllgrabe, Legros et Dumont (2002), les déficits des dyslexiques seraient généralisables aux traitements des modulations de fréquence et d'amplitude inférieures à 20Hz. Les dyslexiques manifesteraient une faible sensibilité aux modulations dynamiques, ce qui engendre une élévation des seuils de détection de la modulation d'amplitude des échantillons de fréquences propres à la perception de la parole et au traitement des syllabes, c'est-à-dire à des fréquences de 2Hz et 4Hz (Shannon, Zeng, Kamath, Wygonski & Ekelid, 1995).

Récemment, Goswami et al. (2002) ont exploré l'hypothèse d'un trouble de perception du *P-center* (i.e., la période d'augmentation de l'enveloppe de l'amplitude qui dénote le point à partir duquel une voyelle ou une syllabe est perçue, important pour distinguer deux éléments comme l'attaque ou la rime). À partir d'une tâche où des enfants devaient dire s'ils percevaient ou non un battement, Goswami et al. (2002) ont ainsi vérifié l'hypothèse d'un trouble du P-center qui entraînait des difficultés d'extraction de traits suprasegmentaux. La perception (à 0.7Hz d'AM) des battements était plus difficilement détectée dans un signal modulé en amplitude en anglais, langue rythmée par l'accent, mais aussi en français, langue rythmée par la syllabe (Muneaux, Ziegler, Truc, Thomson & Goswami, 2004). Enfin, le traitement des sons modulés en amplitude serait étroitement corrélé aux habiletés phonologiques et aux compétences en lecture (Goswami et al., 2002 ; Hämäläinen, Leppänen, Torppa, Müller & Lyytinen, 2005).

De nombreuses études en *Potentiels Évoqués* (i.e., PE) se sont intéressées à la *MisMatch Negativity* (i.e., MMN) qui est un PE caractérisé par une déflexion négative au niveau fronto-central survenant 100 à 300ms après le début d'une stimulation déviante dans une série des stimulations homogènes (e.g., changements de fréquence, d'intensité...). La MMN correspond à un traitement auditif automatique, inconscient et pré-attentif. Elle est censée être le reflet d'un mécanisme de comparaison de chaque stimulation auditive avec des traces de récentes stimulations stockées en mémoire auditive (voir Kujala & Näätänen, 2001).

Kraus, McGee, Carrell, Zecker, Nicol et Koch (1996) ont observé dans une tâche de discrimination de deux syllabes *synthétisées* (e.g., /da/ vs. /ga/ ou /ba/ vs. /wa/) une absence de la MMN chez des enfants avec troubles de l'apprentissage alors qu'une bonne perception se différenciant par un changement rapide était reflété par des réponses robustes de la MMN chez les enfants normaux, renforçant l'hypothèse d'un trouble des traitements auditifs précoces. Une réduction de la MMN a été fréquemment mise en évidence chez les sujets dyslexiques (e.g., Baldeweg, Richardson, Witkins, Foale & Gruzelier, 1999 ; Kujala, Myllyviita, Tervaniemi, Alho, Kallio & Näätänen, 2000 ; Schulte-Körne, Deimel, Bartling & Remschmidt, 1998b ; Schulte-Körne, Deimel, Bartling & Remschmidt, 2001), mais les controverses qui perdurent concernent la nature des stimuli : signaux verbaux et/ou signaux non verbaux. Kujala, Belitz, Tervaniemi et Näätänen (2003). Kujala, Karma, Ceponiene, Belitz, Turkkila, Tervaniemi et al. (2001) ont mené auprès d'enfants avec troubles de l'apprentissage un entraînement avec des stimuli audio-visuels non verbaux. Ils ont observé une augmentation de l'amplitude de la MMN, corrélée avec une augmentation des performances en lecture.

3.4.4. Conclusion

Il existe de nombreux arguments en faveur d'un déficit perceptif auditif recouvrant une large gamme de troubles, même chez des enfants en cours d'apprentissage de la lecture présentant un risque génétique de dyslexie (Boets, Ghesquière, Wieringen & Wouters, 2007). Cependant, le rôle des traitements auditifs temporels peut être aisément remis en question. Les manifestations de tels troubles peuvent soit être répliquées, soit être contradictoires. Les dyslexiques peuvent avoir de mauvaises performances dans les traitements temporels lents (e.g., Amitay et al., 2002 ; Hämäläinen et al., 2005 ; Witton et al., 2002) mais de bons résultats dans les traitements temporels rapides (e.g., Mody et al., 1997 ; Schulte-Körne et al., 1998b), contrairement au point de vue de Paula Tallal.

L'utilisation d'entraînements (voir Habib, 2003) basés sur la discrimination de séquences auditives temporelles avec de la parole acoustiquement modifiée, amplifiée et ralentie pour améliorer l'intelligibilité au niveau des transitions rapides et des sons brefs a apporté

d'intéressants résultats en faveur d'une amélioration des performances en lecture (en anglais, voir, Tallal, Miller, Bedi, Byrna, Wang, Nagarajan et al., 1996 ; Merzenich, Jenkins, Johnston, Schreiner, Miller & Tallal, 1996 ; Miller, Linn, Tallal, Merzenich & Jenkins, 1999 ; en français, voir Habib, Espesser, Rey, Giraud, Bruas & Gres, 1999 ; Rey, De Martino, Espesser & Habib, 2002). Cela a même été conforté par des modifications des activations cérébrales traditionnellement hypoactivées (Temple et al., 2003 ; Ruff, Cardebat, Marie & Démonet, 2002). Cependant, ces performances n'étaient pas forcément supérieures à celles d'études dans lesquelles l'entraînement avait été proposé à un groupe sans parole artificiellement modifiée (Habib, Rey, Daffaure, Camps, Espesser, Joly-Pottuz et al., 2002).

Dans sa récente revue de questions concernant les théories magnocellulaires auditives et visuelles, Ramus (2001) rappelle qu'il convient de ménager les données dans la mesure où les conclusions ne sont pas toutes convergentes et que les déficits sensoriels ne sont pas forcément reliés aux déficits phonologiques. En effet, l'une des faiblesses de l'hypothèse auditive-temporelle repose sur le fait que certains travaux ont montré qu'il n'existait pas de relations entre les déficits auditifs temporels et les capacités de catégorisation phonémique (Chiappe et al., 2002 ; Rosen & Manganari, 2001) ni entre les habiletés auditives et les habiletés phonologiques ou les compétences en lecture (Heiervang et al., 2002 ; Marshall et al., 2001 ; pour des résultats nuancés, voire contradictoires, Ahissar et al., 2000 ; Van Ingelghem, Van Wieringen, Wouters, Vandebussche, Onghena & Ghesquière, 2001). D'autre part, Share et al. (2002) ont montré que les habiletés auditives précoces ne prédisaient pas les déficits subséquents en lecture. Certains dyslexiques manifestent même des compétences auditives supérieures aux normo-lecteurs dans certaines études (Kronbichler, Hutzler & Wimmer, 2002 ; Serniclaes et al., 2001).

Un ensemble de ces résultats a montré que ces troubles auditifs seraient précoces et de bas niveau (e.g., Nagarajan et al., 1999 ; Schulte-Körne et al., 1999 ; Lachmann, Berti, Kujala & Schröger, 2005), à un stade pré-attentif. Ils pourraient affecter les traitements auditifs ascendants, compromettant alors les étapes perceptives ultérieures (i.e., reconnaissance de mots). De leur côté, Helenius, Uutela et Hari (1999) avaient observé une difficulté pour percevoir des sons séquentiels qui montrait une ségrégation excessive des flux sonores ; il s'agirait d'un problème d'interférences et de ralentissement des intégrations perceptives.

Mais si chez les dyslexiques ayant des troubles auditifs ont été retrouvés les déficits phonologiques les plus sévères, l'inverse n'est pas systématiquement vrai. La proportion de dyslexiques souffrant de troubles auditifs n'est pas aussi élevée que le laissent transparaître les études et plafonne généralement aux alentours de 50% (Ramus, 2003), même dans les études ayant focalisé leur attention sur ce genre de déficit (e.g., Tallal, 1980 ; Marshall et al., 2001). Enfin, de nombreuses recherches indépendantes ont abouti à des conclusions ne permettant pas

d'établir des liens entre les déficits auditifs et des anomalies du système magnocellulaire (e.g., Amitay, Ben-Yehudah, Banai & Ahissar, 2002 ; Schulte-Körne, 1999).

3.5. Hypothèse visuelle

3.5.1. Introduction

Depuis une vingtaine d'années, les données concernant les déficits dans les traitements visuels se sont considérablement accumulées. Parmi la multitude de symptômes observés, de nombreux travaux se sont penchés particulièrement sur l'étude du dysfonctionnement de certaines cellules visuelles : les magnocellules (e.g., Demb, Boynton, Best & Heeger, 1998b ; Schulte-Körne et al., 1999 ; 2004 ; pour une revue, voir Démonet, Taylor & Chaix, 2004 ; Heim & Keil, 2004). Plus particulièrement, l'hypothèse visuelle ou *hypothèse du déficit de la voie magnocellulaire* (i.e., *visual magnocellular pathway deficit hypothesis*, Stein & Walsh, 1997 ; Stein, 2001 ; 2003) défend l'idée selon laquelle les troubles visuels présents chez les dyslexiques seraient sous-tendus par une altération spécifique des magnocellules visuelles.

3.5.2. Précis neuroanatomique

Le circuit visuel rétino-cortical est composé de deux principaux types de voie (un troisième type coexiste de manière largement minoritaire, la voie koniocellulaire) : la voie parvocellulaire et la voie magnocellulaire. Les voies visuelles sont majoritairement composées des parvocellules ($\approx 90\%$), constituées de petits corps cellulaires, aux dendrites peu étendues. Elles sont impliquées dans les traitements fins, la détection des hautes fréquences spatiales et des hauts contrastes ainsi que des basses fréquences temporelles. Elles traitent spécifiquement les détails et les couleurs. En revanche, les magnocellules, moins nombreuses ($\approx 10\%$), ont de gros corps cellulaires avec des dendrites étendues et des axones myélinisés assurant une conduction plus rapide des informations que les parvocellules (i.e., gain de temps d'approximativement 10-20ms). Elles interviennent dans les traitements grossiers, la détection des basses fréquences spatiales et des bas contrastes ainsi que des hautes fréquences temporelles. Elles traitent également le mouvement et les événements temporels rapides (pour une présentation détaillée, voir Skottun, 2000). La voie magnocellulaire part notamment des cellules ganglionnaires rétinienne qui projettent vers les couches magnocellulaires des noyaux geniculés latéraux du thalamus au colliculus supérieur. Les cellules des couches magnocellulaires projettent vers VI (i.e., cortex visuel primaire) et les zones extrastriées (i.e., V5/MT (i.e., *aire médio-temporale du mouvement*)), les zones adjacentes de *sensibilité au mouvement* (i.e., *motion sensitivity*) et dans le système dorsal (i.e., cortex pariétal postérieur) et le système ventral (i.e., cortex temporal inférieur). L'origine des déficits magnocellulaires, bien qu'encore imprécise, serait une altération

fonctionnelle et morphologique des magnocellules du système rétino-cortical, au niveau des noyaux géniculés latéraux du thalamus (Galaburda, Menard & Rosen, 1994 ; Jenner, Rosen & Galaburda, 1999), des zones extrastriées (Cornelissen, Richardson, Mason, Fowler & Stein, 1995), de V5¹⁷ (Eden et al., 1996) et des zones de V1 (Demb, Boynton & Heeger, 1998a).

3.5.3. Manifestations neurophysiologiques et comportementales

Les manifestations en faveur d'un déficit magnocellulaire ont mis en évidence des troubles de sensibilité aux bas contrastes, à savoir une réduction du seuil de traitement des basses fréquences spatiales (e.g., Slaghuis & Ryan, 1999), des basses luminances (mésopique) mais pas des hautes luminances (photopique) (e.g., Cornelissen et al., 1995), des courtes durées et des hautes fréquences temporelles (Cornelissen et al., 1995 ; Talcott, Hansen, Willis-Owen, McKinnell, Richardson & Stein, 1998). Ils présentent aussi des troubles de sensibilité aux mouvements cohérents (e.g., Demb, Boynton & Heeger, 1997), de discrimination des différences de vitesse de cibles mouvantes (Demb et al., 1998b) et de l'intégration des changements temporels dynamiques des mouvements cohérents (Talcott, Hansen, Assoku & Stein, 2000a ; Hansen, Stein, Orde, Winter & Talcott, 2001). Pour Ben-Yehudah, Sackett, Malchi-Ginzberg et Ahissar (2001), les dyslexiques présentent bien une sensibilité réduite aux hautes fréquences temporelles, mais uniquement lorsque les stimuli sont présentés séquentiellement et causée, selon Slaghuis et Ryan (2003), par des difficultés à retenir les stimuli en mémoire à court terme. Comme l'attestent de nombreuses études, le système magnocellulaire serait impliqué dans l'orientation visuo-attentionnelle, le contrôle des mouvements oculaires et l'exploration visuelle (Stein & Walsh, 1997 ; Iles, Walsh & Richardson, 2000). Il a pour fonction de détecter les mouvements involontaires des images sur la rétine afin de stabiliser le regard. Il serait aussi chargé d'envoyer un influx inhibiteur au système parvocellulaire à chaque saccade oculaire (Breitmeyer, 1980)¹⁸. Un déficit magnocellulaire s'accompagnerait ainsi d'une instabilité de la fixation oculaire et d'une augmentation des mouvements oculaires involontaires (troubles du contrôle binoculaire, Stein, Richardson & Fowler, 2000). Ces troubles expliqueraient les retours en arrière fréquents, l'impression de superposition des lettres ou de les percevoir en mouvement, l'inversion des lettres (Stein & Walsh, 1999). Stein (2001) propose que le dysfonctionnement magnocellulaire puisse

¹⁷ Une étude en *potentiels évoqués visuels* (i.e., PEV, Schulte-Körne et al., 2004) sur la détection de points en mouvement a montré des PEV, liés au traitement du mouvement, altérés dans les magnocellules des zones V5/MT chez les dyslexiques.

¹⁸ Les travaux de Burr, Morrone et Ross (1994) sont venus contredire l'hypothèse de Breitmeyer (1980) puisqu'ils ont plutôt montré pendant les saccades une inhibition du système magnocellulaire.

être compensé par un apport nutritif d'acides gras polyinsaturés qui assurent la perméabilité de la membrane et donc l'hyper-conduction des informations.

Par ailleurs, les sujets souffrant de troubles visuels montrent des performances diminuées au niveau des habiletés orthographiques (Sperling, Lu, Manis & Seidenberg, 2003). Comme l'avaient déjà montré Talcott et al. (2000b) chez les adultes, bons ou mauvais lecteurs, la sensibilité aux mouvements cohérents prédit les habiletés orthographiques, mais pas les habiletés phonologiques. En effet, ces deux types de compétences – sensibilité aux mouvements cohérents et habiletés orthographiques – apparaissent comme étroitement corrélés (Sperling et al., 2003 ; Witton et al., 1998), notamment dans l'encodage de la position des lettres (Cornelissen, Hansen, Gilchrist, Cormack, Essex & Frankish, 1998).

3.5.3. Conclusion

Si la voie magnocellulaire se caractérise par la conduction rapide des informations en réponse à des stimulations visuelles brèves, à succession rapide, les données supportant l'idée selon laquelle les dyslexiques ont des difficultés à traiter ce genre de situation (e.g., Visser, Boden, & Giaschi, 2004) prêtent toutefois à controverse¹⁹ (e.g., Chiappe et al., 2002 ; Hutzler, Kronbichler, Jacobs & Wimmer, 2006 ; Skottun, 2000) et seraient même contradictoires (e.g., Amitay et al., 2002). Pour Skottun (2000 ; 2005), la dyslexie ne serait pas causée par un déficit magnocellulaire, car les troubles dans la discrimination des contrastes ou des fréquences ne seraient pas suffisamment consistants. Bien au contraire, ils ne se retrouveraient que très rarement et que chez certains dyslexiques (e.g., Ramus et al., 2003b). Une des dernières explications avancées propose que sur la minorité de sujets présentant des déficits magnocellulaires (≈ 0 à 50%, Ramus, 2003), ceux-là auraient en fait des troubles attentionnels ou d'hyperactivité associés (e.g., Kronbichler et al., 2002).

Enfin, la validité de certains tests employés pour mesurer les troubles de mouvements cohérents et de sensibilité aux contrastes spatiaux a été remise en cause (Skottun, 2000) en arguant que les faits psychophysiques ne sont pas assez spécifiés et ne rendent pas compte précisément des substrats neuronaux sous-jacents (pour une tentative de mise en relation de la voie magnocellulaire avec les processus perceptuels sous-tendus et les troubles en lecture, voir Boden & Giaschi, 2007). Stein, Talcott et Walsh (2000) remettent en question les critiques de Skottun (2000) en précisant que la théorie magnocellulaire n'est pas que visuelle, mais aussi motrice,

¹⁹ Ramus (2003) décrit une explication alternative pour certains dyslexiques qui pourraient souffrir de *stress visuel*, non relié à un déficit magnocellulaire. Il s'agirait de troubles migraineux et de confusions visuelles dus à des difficultés pour traiter l'alternance de zones de faibles et de fortes luminances.

auditive et somesthésique. Selon les auteurs, il s'avèrerait nécessaire de les relier entre elles pour réconcilier la présence de toutes les manifestations de ces troubles.

3.6. Hypothèse visuo-attentionnelle

3.6.1. Introduction

Selon un ensemble grandissant de recherches récentes, les dyslexiques présenteraient des perturbations de certains mécanismes attentionnels. Des déficits visuo-attentionnels ont été rapportés concernant une capture attentionnelle réduite (i.e., troubles d'engagement de l'attention dans l'hémichamp indicé, e.g., Facoetti, Paganoni & Lorusso, 2000a), des troubles du maintien de la focalisation attentionnelle (Facoetti, Paganoni, Turatto, Marzola & Mascetti, 2000b) ainsi qu'une difficulté à désengager l'attention avec même un phénomène d'*extinction attentionnelle* (i.e., *attentional blink*, Hari, Valta & Uutela, 1999). Ces données ont suggéré que les dyslexiques étaient plus lents pour orienter, désengager et réengager leur attention (Facoetti, Lorusso, Paganoni, Cattaneo, Galli & Mascetti, 2003a).

3.6.2. Manifestations neurophysiologiques et comportementales

La distribution de l'attention de part et d'autre d'un point de fixation apparaît comme ne pas être identique chez les personnes dyslexiques et chez les sujets contrôles (Facoetti et al., 2000a). En effet, la détection d'une cible est d'autant plus difficile que son excentricité s'accroît par rapport au point de fixation central chez les sujets contrôles alors que les enfants dyslexiques ne sont pas influencés par ce facteur, ce qui traduirait une distribution plus diffuse de l'attention dans l'espace. Cette attention diffuse se caractériserait aussi par une distribution asymétrique gauche-droite (i.e., distraction faible à gauche, mais très élevée à droite), renvoyant à l'idée d'un déficit d'inhibition droite (Facoetti et al., 2003a). En d'autres termes, ces difficultés de focalisation au centre proviendraient d'interférences périphériques, c'est-à-dire de troubles d'inhibition des informations visuelles périphériques pertinentes. Le filtrage de l'information est un processus qui n'implique pas seulement un mécanisme d'ajustement d'une fenêtre attentionnelle, il se fonde aussi sur un processus d'inhibition de l'information non pertinente (Facoetti et al., 2003a). Un tel constat contribue à alimenter l'hypothèse d'un déficit dans l'orientation automatique de l'attention chez les dyslexiques et notamment un phénomène de *mini-négligence gauche* (i.e., *left minineglect*, e.g., Hari, Renvall & Tanskanen, 2001) qui pourrait entraver la lecture en réduisant les possibilités de saccades régressives (même dans des tâches de bissection de lignes, Sireteanu, Goertz, Bachert et Wandert (2005) ont observé que les dyslexiques ont des difficultés à estimer la longueur de segments situés dans l'hémichamp gauche (mais voir Duncan & Grieve, 2007)). Les troubles de l'attention sélective (i.e., une réduction consécutive de

l'attention à gauche et une *hyper-focalisation* à droite) sont interprétés par certains auteurs comme la résultante d'un dysfonctionnement du cortex pariétal postérieur qui sous-tendrait les mécanismes attentionnels impliqués en lecture (Vidyasagar, 2004 ; Schulte-Körne et al., 1999). Stein (2003) rejoint les données électrophysiologiques déjà disponibles en émettant l'hypothèse selon laquelle les troubles attentionnels des dyslexiques pourraient reposer, au-delà d'anomalies du système magnocellulaire qui guide l'orientation et l'attention, sur des atteintes du cortex pariétal postérieur sur lequel se projette ce système magnocellulaire.

Dernièrement, l'hypothèse d'un déficit attentionnel a été étendue à la notion de *déficit attentionnel amodal*, c'est-à-dire qu'il se manifesterait dans des modalités autres que visuelle, mais également auditive ou tactile. Hari et Renvall (2001) ont proposé une *théorie du déplacement attentionnel ralenti* (i.e., *sluggish attentional shifting theory*) qui souligne des troubles de l'engagement, du désengagement et, par là même, des difficultés de réengagement attentionnel pour traiter les stimuli temporels rapides quelle que soit la modalité sensorielle ou (e.g., Helenius et al., 1999).

Les dyslexiques présenteraient donc des anomalies pour la focalisation, qui implique le contrôle de la taille de la fenêtre attentionnelle. Ils auraient une organisation diffuse de leur attention et souffriraient de difficultés pour adapter leur fenêtre attentionnelle, c'est-à-dire d'une réduction de la taille de l'espace sur lequel ils sont capables d'extraire et de traiter l'information en parallèle. Des techniques de réhabilitation ou d'entraînement récemment testées visant à élargir la fenêtre attentionnelle ou à améliorer la capture attentionnelle ont fait ressortir des résultats encourageants, mettant en lien l'amélioration des compétences attentionnelles avec une augmentation des scores et de la vitesse en lecture (Facoetti, Lorusso, Paganoni, Umiltà & Mascetti, 2003b ; Lorusso, Facoetti, Toraldo & Molteni, 2005).

3.6.3. Hypothèse de l'empan visuo-attentionnel

Consistante avec les arguments en faveur de dysfonctionnements visuels ou visuo-attentionnels, l'hypothèse d'un trouble de l'empan visuo-attentionnel a été récemment proposée par Sylviane Valdois (i.e., *visual attentional span hypothesis*, Bosse et al., 2007). En lecture, la notion d'empan visuo-attentionnel fait référence au nombre de lettres dans un mot qui peut être identifié lors d'une seule fixation oculaire. Cette théorie s'inscrit parfaitement avec le modèle MTM proposé par Ans et al. (1998) dans lequel une fenêtre attentionnelle de taille variable est chargée d'extraire les informations orthographiques, soit globalement, soit séquentiellement de manière analytique (cf., Chapitre 3, Partie 3.5.). La fenêtre visuo-attentionnelle comprend l'ensemble des éléments sur lesquels l'attention visuelle va se focaliser pendant les traitements. Concrètement, un déficit visuo-attentionnel entraverait le traitement en parallèle d'éléments

distincts que sont les lettres, rendant ainsi laborieux, voire impossible, le traitement des unités infralexicales et l'utilisation de règles CGP. Deux études de cas menées par Valdois et al. (2003) ont, par exemple, clairement démontré l'existence possible d'un trouble sélectif de l'empan visuo-attentionnel, c'est-à-dire une double dissociation entre des troubles de l'empan visuo-attentionnel et des troubles phonologiques. Certains dyslexiques peuvent ainsi manifester une atteinte des capacités visuo-attentionnelles sans pour autant avoir des troubles phonologiques alors que le profil inverse est également vrai. Afin de vérifier l'existence plus générale d'une double dissociation, Bosse et al. (2007) ont étudié les performances de deux populations d'enfants dyslexiques (i.e., francophones et anglophones) sur leur conscience phonémique et leur empan visuo-attentionnel. Dans les deux populations, les résultats ont amené les auteurs à constater qu'il existait une double dissociation entre les troubles phonologiques et visuo-attentionnels. Par ailleurs, il semblerait qu'il existe une forte corrélation entre les performances des dyslexiques dans les tâches visuo-attentionnelles et les épreuves de lecture tandis qu'il n'y a aucune corrélation entre les tâches visuo-attentionnelles et métaphonologiques. Enfin, les analyses de régression conduites par les auteurs ont permis de conclure que faibles capacités visuo-attentionnelles étaient prédictives du niveau de lecture, indépendamment des compétences phonologiques.

3.6.4. Conclusion

Malgré le fort attrait que peuvent susciter ces recherches, il demeure de nombreuses zones d'ombre. Bien qu'il apparaisse potentiellement intéressant d'accorder aux troubles visuo-attentionnels une importance certaine, les données actuelles, même récentes, ne parviennent encore pas à expliquer les liens exacts entre déficits visuo-attentionnels et troubles de la lecture, d'autant plus que certaines données ont montré que seuls des sous-types de dyslexies développementales – les dyslexies développementales phonologiques – présenteraient des troubles visuo-attentionnels. Enfin, comme l'ont suggéré Hari et Renvall (2001), les manifestations attentionnelles ne se restreindraient pas uniquement à la modalité visuelle, mais aussi à d'autres domaines sensoriels (i.e., auditif et tactile).

3.7. Hypothèse magnocellulaire générale

Afin de rendre compte de l'ensemble des symptômes manifestés par les dyslexiques, qu'il s'agisse de déficits auditifs, visuels ou moteurs, John Stein (2001 ; Stein & Walsh, 1997) a proposé une théorie magnocellulaire générale. Les dyslexiques présenteraient un dysfonctionnement de toutes les voies magnocellulaires thalamiques expliquant l'ensemble des troubles visuels et auditifs. L'auteur postule également que les voies magnocellulaires déficitaires,

en se projettent sur le cortex pariétal postérieur puis vers le cervelet, pourraient éventuellement justifier des troubles moteurs et des anomalies d'activations cérébrales observées dans ces régions. Cette théorie, avantageuse, ressemblerait plutôt à un amalgame de toutes les autres théoriques pour unifier, simultanément, sous une seule anomalie neurobiologique les déficits des dyslexiques.

Malgré l'intérêt suscité par l'intégration potentielle de tous ces déficits au sein d'une seule théorie, les études ultérieures ont prouvé que les troubles sensori-moteurs ne suffisent pas à expliquer la majorité des cas de dyslexie (e.g., Ramus et al., 2003b), de même qu'ils ne prédisent pas ou peu les troubles phonologiques (e.g., Chiappe et al., 2002 ; Kronbichler et al., 2002). La théorie magnocellulaire ne semble pas suffisamment pertinente, car les dyslexiques peuvent avoir des troubles phonologiques accompagnés, ou non, de troubles sensori-moteurs.

3.8. Hypothèse phonologique

3.8.1. Introduction

À l'inverse des hypothèses explicatives précédentes, l'hypothèse phonologique tire sa force de la proportion massive de déficits phonologiques présents chez les dyslexiques (i.e., entre 75 et 100% selon les études, Ramus, 2003). De même, contrairement aux troubles sensori-moteurs, les déficits phonologiques expliquent la majeure part de la variance en lecture. En effet, les déficits sensori-moteurs n'accompagnent pas forcément des déficits phonologiques et ne rendent pas compte de manière aussi efficace voire pas du tout des difficultés en lecture chez les dyslexiques (e.g., Chiappe et al., 2002 ; White et al., 2006).

3.8.2. Vers une nature phonologique des déficits cognitifs ?

Au niveau comportemental, les déficits des enfants dyslexiques se manifestent essentiellement à trois niveaux (Ramus, 2001 ; Wagner & Torgesen, 1987). Premièrement, les dyslexiques éprouvent des difficultés marquées dans toutes tâches requérant l'intervention de la conscience phonologique. Ils ne parviennent pas, ou très difficilement, à manipuler les unités sonores de la langue (e.g., Snowling, 2001). Deuxièmement, les enfants dyslexiques présentent des déficits dans des tâches de RAN. Enfin, ils ont des capacités en MCTP (i.e., au niveau de leur empan mnésique) extrêmement réduites. L'hypothèse d'un déficit majeur de la procédure phonologique de lecture est au cœur des troubles spécifiques des dyslexiques. Globalement, les dyslexiques souffriraient de difficultés dans les traitements phonologiques et/ou orthographiques, avec des dysfonctionnements du système d'analyse phonologique et phonémique (e.g., Snowling, 2001 ; Ramus, 2001 ; Ziegler & Goswami, 2005 ; pour un débat sur la prise en compte d'un déficit phonologique comme critère d'inclusion, voir Frith, 1999). Comme viennent de le simuler

à l'aide du modèle DRC Ziegler, Castel, Pech-Georgel, George, Alario et Perry (2008), les déficits des dyslexiques se situent aussi bien au niveau de l'accès au lexique phonologique, qu'au niveau de l'utilisation des CGP et enfin au niveau du traitement des lettres. Les auteurs ont montré que ces déficits phonologiques sont communs à tous les dyslexiques, mais que les études au cas par cas seraient mieux appropriées pour caractériser chaque dyslexique plutôt que de réunir les déficits sous un type unifié de dyslexie.

Le déficit des dyslexiques serait principalement un déficit cognitif de nature phonologique (e.g., Ramus, 2001 ; Snowling, 2001). Des déficits dans les habiletés phonologiques (i.e., analyse phonémique, MCTP...) seraient responsables des difficultés lors de la mise en place de la procédure de décodage phonologique, dépendante de la capacité à mettre en lien les graphèmes avec les phonèmes puis de les assembler (e.g., Habib & Rey, 2000). Si l'utilisation automatisée des règles CGP nécessite des capacités fines d'analyse phonémique, la MCTP est cruciale dans l'opération d'assemblage qui requiert le maintien temporaire des informations en mémoire. Comme le précise Scarborough (1998), des compétences affaiblies dans ces deux domaines vont engendrer des difficultés pour employer la procédure de décodage phonologique. Les capacités d'analyse phonémique seraient altérées, chez les dyslexiques, avant même l'apprentissage de la lecture. C'est ce qui est révélé dans le suivi longitudinal réalisé par Sprenger-Charolles et al. (2000) ou dans l'étude de Sprenger-Charolles, Lacert et Colé (1999) qui postulent une déficience du processeur phonologique.

Pour certains auteurs, le déficit en analyse phonémique serait sous-tendu par des représentations phonémiques sous-spécifiées en mémoire (Elbro & Jensen, 2005 ; Swan & Goswami, 1997). Pourtant, de récentes recherches menées par Szenkovits et Ramus (2005 ; Ramus & Szenkovits, 2008) ne soutiennent pas – ou plus – l'hypothèse de représentations phonologiques dégradées ou sous-spécifiées chez les dyslexiques. Pour ces auteurs, les déficits ne se situeraient qu'au niveau de la MCTP. Pour Ramus et Szenkovits (2008), il n'y aurait pas de déficits des représentations phonologiques, mais seulement des difficultés pour y accéder lorsque les conditions impliquent un stockage en MCTP qui peut être contraint par les facteurs environnants (e.g., bruit, vitesse, nombre d'items...). Par exemple, Ben-Yehudah et al. (2001) ont observé que les déficits des dyslexiques dépassent la nature des stimuli, mais reposent sur les exigences de la tâche : dès que la charge mnésique augmentait ou que des contraintes temporelles étaient instaurées, alors les déficits étaient plus notables. Pour étayer l'absence de déficits des représentations phonologiques, Ramus et Szenkovits (2008) défendent le fait que des déficits des représentations phonologiques en perception catégorielle ne sont pas communs à tous les dyslexiques, mais qu'ils ne touchent qu'un ensemble restreint de sujets (e.g., Adlard & Hazan, 1998 ; Joanisse, Manis, Keating & Seidenberg, 2000 ; Rosen & Manganari, 2001). Dans ce cas-là,

ces déficits ne devraient être considérés que comme une part potentielle des déficits centraux, au même titre que les déficits visuels, auditifs, moteurs... Les déficits phonologiques ressortent stables dans toutes les études ayant été menées avec des sujets dyslexiques alors que la présence d'autres troubles (e.g., visuels, auditifs, moteurs...) n'est pas systématiquement associés aux difficultés des dyslexiques (e.g., Chiappe et al., 2002 ; Ramus et al., 2003a ; Ramus et al., 2003b). D'ailleurs, comme nous l'avons vu à plusieurs reprises, ce ne sont pas les éventuels troubles sensori-moteurs qui expliquent principalement la part de variance en lecture chez les dyslexiques, mais plutôt la variable « phonologie » (e.g., Ramus et al., 2003a ; b ; Share et al., 2002 ; White et al., 2006).

Pour Franck Ramus (2003), la dyslexie peut donc se définir comme un trouble persistant et durable dans l'apprentissage de la lecture, optionnellement accompagnée de syndromes sensori-moteurs.

Comme nous l'avons présenté, les dyslexiques présentent un ensemble de manifestations déficitaires dans la manipulation des unités linguistiques. Ils éprouvent effectivement des difficultés pour manipuler les unités linguistiques.

Bien que de nombreuses études se soient penchées sur les troubles de la lecture chez les dyslexiques dans des tâches spécifiques (e.g., lecture de pseudomots, extraction d'unités communes, suppression de phonèmes...), peu de recherches ont été conduites, en français, en lecture silencieuse, sur le statut de la syllabe. Colé et Sprenger-Charolles ont mené l'une des rares études sur le rôle de la syllabe phonologique en lecture silencieuse chez les enfants dyslexiques. En utilisant le même paradigme que Colé et al. (1999), les auteurs n'ont pas retrouvé d'effet de compatibilité syllabique, mais seulement un effet de longueur de la cible. L'absence d'effet de congruence syllabique et la présence d'un effet de fréquence et de longueur de la cible ont conduit à défendre l'hypothèse selon laquelle la tâche aurait été par une procédure visuo-orthographique (i.e., lettre à lettre) plutôt que phonologiquement ou orthographiquement. Cette procédure visuo-orthographique serait élaborée à partir de connaissances phonologiques partielles et déficientes et de connaissances orthographiques dont l'hypothèse serait qu'elles sont développées à partir de l'extraction de régularités repérées avec l'exposition de l'écrit²⁰. Les enfants dyslexiques auraient pu effectuer la tâche phonologiquement, en s'appuyant sur des unités grapho-phonémique. Mais cette interprétation qui permet, comme la première, de rendre compte de l'effet de longueur de cible, semble peu plausible compte tenu des faibles résultats en analyses phonémique et syllabique des enfants. Toutefois, compte tenu de la forte variabilité inter-individuelle chez les enfants

²⁰ À l'inverse de la procédure orthographique développée avec l'expertise (Frith, 1985), la procédure employée de ces enfants n'en aurait pas les fondations phonologiques.

dyslexiques, les deux interprétations restaient relativement disponibles. Il est donc important de poursuivre et d'approfondir les investigations sur le rôle de la syllabe. C'est notamment l'un des objectifs que nous tenterons d'atteindre en utilisant ce même paradigme auquel nous aurons apporté un ensemble de modifications censées mieux rendre compte de l'importance de la syllabe auprès d'enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques.

3.8.3. Voisement et déficits en perception catégorielle

Comme nous venons de le rappeler, les dyslexiques éprouvent de grandes difficultés pour mettre en lien les représentations écrites et sonores de leur langue. Or, l'appariement entre graphèmes et phonèmes nécessite une représentation phonémique bien spécifiée en mémoire, ce qui ne semble pas être le cas chez les dyslexiques (Swan & Goswami, 1997 ; pour un point de vue critique, voir Ramus & Szenkovits, 2008). Plus spécifiquement, les dyslexiques seraient gênés lorsqu'ils doivent différencier deux sons qui ne se différencient que par le trait phonétique de voisement ou *délai de voisement* (e.g., Adlard & Hazan, 1998 ; Serniclaes et al., 2001 ; 2004 ; Werker & Tees, 1987).

L'exploration des compétences en perception catégorielle a notamment trouvé sa motivation pour les partisans d'un déficit auditif purement linguistique dans la mesure où les faibles performances seraient dues à la confusion de phonèmes proches, uniquement différenciés par des transitions rapides comme le voisement (e.g., Mody et al., 1997 ; Rosen & Manganari, 2001 ; Serniclaes et al., 2001). Ces arguments sont essentiellement étayés par les travaux menés par Willy Serniclaes et ses collaborateurs.

Serniclaes et al. (2001) ont testé l'hypothèse d'un déficit spécifiquement linguistique à l'aide d'analogues sinusoïdaux de sons de parole variant le long d'un continuum de sons de /ba/ à /da/ et à l'aide de syllabes naturelles. Le sujet devait dire si les deux sons entendus étaient identiques ou non. Lors de la comparaison entre dyslexiques et enfants normo-lecteurs de même âge chronologique, les résultats ont conforté l'hypothèse d'un déficit linguistique, dans la mesure où les deux groupes ne se différenciaient que dans la condition « sons de parole ». Ultérieurement, Serniclaes et al. (2004) ont réétudié les capacités de catégorisation du trait phonétique de voisement chez des enfants dyslexiques, normo-lecteurs et des adultes. Les résultats ont suggéré une plus faible discrimination à la frontière phonémique (i.e., +15ms de VOT) chez les enfants dyslexiques de 9 ans par rapport à des enfants de mêmes âges chronologiques et des adultes. De plus, cette sensibilité était accrue chez les dyslexiques aux environs de -30ms de VOT, ce qui correspond à l'une des localisations phonétiques utilisées pour percevoir le voisement. La perception affaiblie à -30ms signale un mode de perception particulier de type *allophonique* (i.e.,

réalisé selon le contexte), mais moins économique que des représentations phonémiques bien stockées. Cela expliquerait les déficits en lecture dans la mesure où il est nécessaire pour apprendre à lire et à utiliser les CGP de posséder des catégories phonémiques bien spécifiées. Si le dyslexique perçoit mal les différences entre deux phonèmes de sa langue et qu'en plus, il perçoit des allophones d'un même phonème, mais ne faisant pas partie de la gamme des phonèmes de sa langue, alors il ne peut en résulter que des troubles dans l'application des CGP. Le recours à un mode de perception allophonique plutôt que phonémique serait plus lourd, plus contraignant, car les dyslexiques devraient stocker plus de sons que la norme, d'où des problèmes de mémoire, car la quantité d'informations serait bien plus conséquente.

3.8.4. Corrélats neurophysiologiques

Au niveau neurophysiologique, des travaux menés en IRMf et en TEP par des équipes de Jean-François Démonet ont montré des corrélats neurophysiologiques dans des traitements phonologiques et auditifs déficitaires chez les dyslexiques en ce qui concerne les traits acoustiques et la parole. Par exemple, Ruff, Marie, Celsis, Cardebat et Démonet (2003) ou Dufor, Serniclaes, Sprenger-Charolles et Démonet (2007) ont mesuré les activations en discrimination passive de sons de parole et d'analogues sinusoïdaux. Chez les normo-lecteurs, les cortex supéro-temporal, inféro-pariétal et inféro-frontal gauches sont normalement activés en discrimination de sons de parole. En revanche, chez les dyslexiques, les hypo-activations se situaient dans le gyrus supramarginale gauche et les régions frontale et pariétale gauches. Le plus étonnant concerne des hyper-activations dans le cortex droit, notamment au niveau des régions analogues gauches hypo-activées. Ces dernières données, combinées aux résultats comportementaux ne révélant aucune détérioration, ont suggéré que les dyslexiques auraient développé des mécanismes cérébraux compensatoires. En lien avec ces résultats, il est possible de faire référence aux travaux menés chez le singe qui ont localisés les neurones répondant spécifiquement au voisement dans le cortex auditif primaire, dans la région antérieure et médiale du gyrus de Heschl (Steinschneider, Volkov, Fishman, Oya, Arezzo & Howard, 2005) qui, chez certains dyslexiques, présente des anomalies morphologiques et fonctionnelles (i.e., planum temporale, hypo-activations pariéto-temporales...). Par ailleurs, Giraud, Démonet, Habib, Marquis, Chauvel & Liégeois-Chauvel (2005) avaient observé à l'aide de la technique des PE auditifs que les traitements d'un phonème voisé comme /b/ étaient systématiquement altérés chez les dyslexiques dans le sens d'une dégradation des relations temporelles entre les divers événements électrophysiologiques caractéristiques de la perception du stimulus acoustique (e.g., disparition de l'activité propre au voisement, prolongement de l'activité post-stimulation...).

3.8.5. Exemples d'entraînements ciblés en français

Depuis qu'il est admis que le niveau de conscience phonémique a des répercussions sur les performances en lecture, l'utilisation d'entraînements ciblés sur les habiletés phonologiques s'est développée chez les enfants normo-lecteurs (e.g., Lecocq, 1991). Les résultats ont mis en évidence des progrès importants et des performances supérieures pour les enfants ayant bénéficié de tels entraînements dans les domaines du décodage phonologique, des compétences orthographiques et surtout de la conscience phonémique (pour une synthèse, voir Ehri et al., 2001). Concernant la dyslexie, de plus en plus de techniques thérapeutico-remédiatives ont vu le jour. Plus particulièrement, les travaux de Michel Habib ont exploré la voie des entraînements phonologiques en s'appuyant sur l'hypothèse d'un déficit auditif temporel (cf. Chapitre 6, Partie 3.4.7.). Brièvement, leurs résultats ont abondé dans le sens d'une amélioration du niveau de conscience phonologique et des performances dans des tâches métaphonologiques, grâce à des modifications temporelles et acoustiques des signaux (pour une synthèse, voir Habib, 2002).

Récemment, une nouvelle perspective a été envisagée grâce à un ensemble de travaux menés avec des enfants français dyslexiques par Annie Magnan et Jean Écalle. Les auteurs se sont intéressés à l'impact d'entraînements audio-visuels intensifs portant sur des sons ne se différenciant que par le trait phonétique de voisement sur le niveau d'habiletés phonologiques et les déficits auditifs perceptifs (e.g., Magnan & Écalle, 2006 ; Magnan, Écalle & Veuillet, 2005 ; Magnan, Écalle, Veuillet & Collet, 2004 ; Veuillet, Magnan & Écalle, 2004 ; Veuillet, Magnan, Écalle, Thai-Van & Collet, 2007). Dans ces différentes études, un entraînement intensif audio-visuel sur une courte période a été proposé à des enfants dyslexiques. Il s'agissait d'un entraînement portant sur l'opposition de voisement entre deux items de six paires de phonèmes (i.e., /b-/p/, /d-/t/, /g-/k/, /z-/s/, /j-/ʃ/ et /v-/f/). Sous la forme d'un jeu de basket-ball extrait du logiciel Play-on (Danon-Boileau & Barbier, 2001), les enfants munis d'un casque entendaient un stimulus (e.g., /ba/) et voyaient simultanément une alternative graphique ne se différenciant que par le voisement (e.g. 'ba' et 'pa'). Les enfants devaient alors placer un ballon dans l'un des deux paniers de basket-ball correspondant à l'une des deux formes graphiques. Au début de l'exercice, pendant une phase de familiarisation, une couleur différente pour chacune des deux formes était assignée aux ballons puis celle-ci disparaissait avant que la réponse ne puisse être formulée que sur une base auditive. En cas d'erreur, les ballons reprenaient leurs couleurs le temps d'une phase de réhabilitation. L'idée des travaux des auteurs était notamment d'entraîner des enfants dyslexiques qui présentaient non seulement de faibles scores en lecture et en habiletés phonologiques, mais également une frontière perceptive bien moins clairement définie que des enfants normo-lecteurs et un dysfonctionnement des voies auditives descendantes (i.e., VAD). L'intérêt porté au fonctionnement des VAD réside dans leur rôle de filtre inhibiteur, extracteur

des traits caractéristiques acoustiques pertinents au traitement du signal auditif et normalement latéralisées dans l'oreille droite (pour plus de détails, voir Veuillet al., 2007). Les enfants ont été testés sur tous ces paramètres avant et après entraînement. Comme lors de précédentes recherches (e.g., Bedoin, 2003 ; Tremblay & Kraus, 2002), les auteurs ont mis en évidence un effet significatif d'un entraînement focalisant sur la distinction du trait phonétique de voisement. L'entraînement a induit un changement au niveau de la frontière perceptive, c'est-à-dire une meilleure discrimination et une meilleure identification du voisement. Tout aussi intéressants, les résultats ont montré que les effets bénéfiques de l'entraînement se maintenaient à long terme. D'autre part, les auteurs ont pu observer des modifications dans l'efficacité (marquée par une réorganisation de la latéralisation des VAD) des voies auditives des enfants dyslexiques. Cet ensemble de données expose très nettement l'intérêt de proposer des entraînements ciblés sur le trait phonétique de voisement. Une focalisation sur cet *événement phonétique* serait bénéfique, voire essentielle, dans l'augmentation des performances en lecture et dans la réorganisation corticale d'enfants dyslexiques. Cependant, comme l'ont à chaque fois rappelé les auteurs, ce genre d'entraînement n'est efficace que pour certains enfants dyslexiques, à savoir ceux présentant des troubles perceptivo-auditifs. Mais compte tenu de la proportion élevée d'enfants ayant des troubles auditifs (e.g., Ramus, 2003), ce type de stratégie thérapeutico-reméditative reste une solution très intéressante à développer plus largement.

3.8.6. Conclusion

La théorie phonologique semble bien plus robuste pour expliquer la prévalence des déficits des sujets dyslexiques. Effectivement, il apparaît clairement que tous ou en tout cas, la majorité des dyslexiques ont des déficits phonologiques (Ramus et al., 2003b). Des difficultés marquées en analyse phonémique, en MCTP ou en perception catégorielle sont des éléments caractéristiques des dyslexiques. Ils ont des difficultés particulières dans la manipulation des unités de la langue (e.g., extraction, inversion, suppression de phonèmes ou de syllabes..., e.g., Habib & Rey, 2000). Il est maintenant clairement établi que les *célèbres* confusions entre les lettres *b* et *p* ne sont pas de nature visuelle, mais de nature phonologique et qu'elles se retrouvent aussi auprès d'enfants normo-lecteurs (Cossu et al., 1995).

Pourtant, une remise en cause récente (Ramus & Szenkovits, 2008) pose la question de la nature de ces troubles. S'agit-il de troubles des représentations phonologiques ou bien s'agit-il de troubles dans l'accès à ces représentations phonologiques. À la lumière de ce que nous avons présenté, nos conclusions s'orientent et s'accordent principalement avec une altération des représentations phonologiques, comme en témoignent les données obtenues en perception catégorielle (e.g., Veuillet et al., 2007). En résumé, en discrimination, les catégories phonémiques

seraient faiblement et différemment spécifiées par rapport aux normo-lecteurs : ils discriminent moins bien les phonèmes de différentes catégories (i.e., perception inter-catégorielle) mais mieux les phonèmes au sein de la même catégorie (i.e., perception intra-catégorielle) (e.g., Rosen & Manganari, 2001 ; Serniclaes et al., 2001). Le trait phonétique de voisement serait donc un élément acoustico-phonétique de première importance pour la maîtrise des CGP et le développement normal des habiletés de lecture. En effet, Breier, Fletcher, Denton et Gray (2004) ont montré que de faibles habiletés dans les traitements phonologiques chez des enfants à risque de troubles de la lecture sont étroitement liées à de faibles performances en perception catégorielle.

Cependant, pour les opposants à l'hypothèse phonologique, comment expliquer que certains dyslexiques ne présentent pas de troubles phonologiques et comment expliquer la présence éventuelle des autres déficits sensori-moteurs (e.g., moteurs, visuels...) ? De leur côté, Castles et Coltheart (2004) rétorquent que les faibles performances dans les épreuves de conscience phonologique peuvent être causes ou conséquences d'un retard d'acquisition de la lecture, car l'apprentissage de la lecture et le développement de la conscience phonologique entretiennent des liens bidirectionnels d'où la nécessité d'effectuer des comparaisons systématiques en âge chronologique et lexique.

4. Conclusion

Pour beaucoup d'auteurs, le déficit phonologique serait le seul trouble cognitif spécifique (Snowling, 2001 ; Ramus, 2003 ; Vellutino et al., 2004 ; Shaywitz & Shaywitz, 2005) présent dans toutes les dyslexies. Ce constat n'exclut pas une origine cérébrale qui est supportée par de nombreuses études en imagerie cérébrale structurale et fonctionnelle (Shaywitz & Shaywitz, 2005 ; Eckert, 2004). Comme le présente Ramus (2004) avec un modèle neurobiologique complet intégrant toutes ces variables, les données disponibles accordent une origine génétique expliquant les anomalies cérébrales rendant ainsi plausible un déficit phonologique d'origine biologique.

À l'exception de la théorie phonologique, toutes les autres théories paraissent faibles quant à leur pouvoir explicatif. La variabilité d'un ou plusieurs troubles sensori-moteurs qui peut exister d'une étude à l'autre (i.e., de 0 à 80%, Ramus et al., 2003b) n'est que le reflet d'un manque d'universalité de tels troubles dans les populations de dyslexiques. Ce phénomène ne fait ainsi que renforcer la valeur du déficit cognitif de nature phonologique. D'ailleurs, la part de la variance explicative en lecture est principalement due aux déficits en habiletés phonologiques chez les dyslexiques et pas – ou très peu – par les habiletés auditives ou motrices (e.g., Chiappe et al., 2002 ; Ramus et al., 2003b ; White et al., 2006).

Malgré les controverses sur la présence d'un « syndrome sensori-moteur » qui ne serait qu'une simple comorbidité sans lien causal, les motivations ayant conduit à des entraînements ciblés ont permis d'ouvrir des voies intéressantes. Plus particulièrement, les exercices portant sur le voisement ou sur des tâches phonologiques visant à renforcer la qualité des CGP ont apporté des résultats bénéfiques et encourageants (e.g., Magnan et al., 2004). Parallèlement, cela a favorisé l'exploration de voies nouvelles portant sur des entraînements morphologiques (Arnback & Elbro, 2000). En effet, les déficits dans les traitements grapho-phonologiques pourraient être compensés par des traitements grapho-sémantiques (Casalis, Colé & Sopo, 2004).

Malgré une accumulation croissante en faveur d'une prévalence des troubles phonologiques, il est nécessaire de continuer les recherches pour isoler et caractériser plus précisément les facteurs phonologiques, acoustico-phonétiques et linguistiques déficitaires chez les dyslexiques, notamment en français. Comme l'avait déjà souligné Ramus (2001), il reste beaucoup de chemin à parcourir pour établir la nature exacte des déficits phonologiques. Nos derniers objectifs sont dédiés aux traitements mis en œuvre par les enfants dyslexiques, systématiquement comparés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques. Dans un premier temps, il s'agit d'évaluer le niveau de compétences phonémiques et la qualité des représentations phonémiques (capitales pour l'apprentissage des règles CGP et pour la maîtrise d'unités larges telles que la syllabe) en nous appuyant sur une tâche de discrimination auditive de paires minimales s'apposant sur le trait phonétique du voisement. Ensuite, plus particulièrement, le but est d'utiliser une tâche de décision lexicale et une tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots afin de déterminer si les enfants dyslexiques s'appuient sur des traitements phonologiques et s'ils sont sensibles à la complexité et à la fréquence syllabiques. Enfin, nous appuyons notre démarche sur l'utilisation du paradigme des conjonctions illusoires et sur une tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots pour savoir si les enfants dyslexiques peuvent réaliser des traitements phonologiques dans ce type de tâches assez contraignantes cognitivement. Dans ce dernier cas, nous envisageons également d'étudier la sensibilité de ces enfants à la phonotactique et à la sonorité aux frontières syllabiques. Globalement, pour toutes ces tâches, il convient de déterminer si les enfants dyslexiques s'appuient sur l'unité syllabique pour lire et s'ils ont développé une sensibilité aux structures internes de leur langue, malgré des déficits en analyse phonémique relevés au préalable dans des tests de lecture.

5. Synthèse du chapitre 6

Tout au long de ce chapitre, nous avons exposé les différentes théories explicatives des troubles dyslexiques. Après avoir donné la définition communément admise de la dyslexie, nous avons introduit les différentes caractéristiques utilisées pour la typologie des « dyslexie visuo-attentionnelle », « dyslexie phonologique », « dyslexie de surface » ou « dyslexie mixte », en insistant sur les vives controverses qui en découlent (e.g., Sprenger-Charolles et al., 2000) concernant les mesures employées (i.e., précision et/ou vitesse).

Nous avons ainsi pu voir que dans tous les cas, les sujets dyslexiques présentent des déficits en analyse phonémique, en MCTP, en RAN et dans de nombreux cas, en perception catégorielle (e.g., Ramus, 2003 ; Serniclaes et al., 2001 ; 2004). Nous avons également fait remarquer que ces déficits se retrouvaient aussi bien dans une langue dont les caractéristiques linguistiques sont opaques (e.g., en anglais), que dans une langue plus transparente (e.g., en français), soulignant l'aspect assez universel de la dyslexie (voir Ziegler & Goswami, 2005).

Par la suite, nous avons fait un état des lieux des dernières avancées en matière de génétique et un bilan des données neuroanatomiques accumulées depuis près de trente ans. Nous avons montré qu'aucun « gène de la dyslexie » n'est clairement identifié à ce jour.

Parmi tous les dysfonctionnements cérébraux relevés chez les dyslexiques, une anomalie métabolique de la région pariéto-temporale gauche semblerait être un excellent candidat à qui attribuer les déficits des dyslexiques (e.g., Dehaene, 2007). Mais qu'il s'agisse des partisans d'un déficit moteur (e.g., Nicolson et al., 2001a), d'un déficit visuel (e.g., Stein, 2001), d'un déficit auditif-temporel (e.g., Tallal, 1980) ou encore d'un déficit visuo-attentionnel (e.g., Valdois et al., 2007), toutes ces recherches sont parvenues à apporter des arguments pour étayer les manifestations comportementales déficitaires.

Pourtant, comme l'indique justement Ramus (2003), de tels déficits ne sont pas communs à tous les cas de dyslexie. Bien au contraire, ils sont souvent minoritaires et pourraient n'entretenir aucun lien causal avec les troubles observés. D'ailleurs, comme l'ont montré les études de Chiappe et al. (2002), Ramus et al. (2003b) ou de Share et al. (2002), la part de la variance en lecture n'est pas ou très peu expliquée par de tels déficits. L'indice le plus fiable est sans conteste le trouble phonologique. Dans cette optique-là, la dyslexie pourrait être envisagée comme un désordre cognitif de nature phonologique tant la prévalence de déficits phonologiques est forte. Ramus (2003) définit ainsi la dyslexie comme un trouble persistant et durable dans l'apprentissage de la lecture, optionnellement accompagnée de syndromes sensori-moteurs.

Malgré un vaste ensemble de travaux visant à caractériser l'origine des troubles dyslexiques, les débats sont toujours très actifs. Il reste de nombreuses questions en suspens quant

à l'origine des déficits phonologiques : troubles des représentations phonologiques ou troubles d'accès aux représentations phonologiques (e.g., Ramus & Szenkovits, 2008). Bien que de nombreuses recherches se soient essayées à des entraînements ciblés sur certains types de déficits et sur certaines unités pertinentes en lecture (e.g., Habib et al., 2002 ; Veillet al., 2007), peu de travaux se sont finalement penchés sur le statut de la syllabe (voir Colé et Sprenger-Charolles, 1999) et de la sonorité et des règles phonotactiques en français.

CHAPITRE 7

– Problématique & hypothèses –

1. Introduction

L'objectif de ce travail était de caractériser, en français, le statut de la syllabe et le rôle des caractéristiques phonotactiques et linguistiques dans les traitements mis en œuvre par des enfants dyslexiques développementaux comparés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques.

Les précédents chapitres nous ont permis de cerner les champs théoriques dans lesquels se situait cette recherche. Plus particulièrement, nous avons orienté notre synthèse théorique selon trois grands axes principaux : la syllabe, la lecture et la dyslexie. À partir de cette revue de la littérature, nous avons soulevé un ensemble d'interrogations auquel nous avons essayé de répondre au travers de deux grandes parties expérimentales, chacune proposant des expériences spécifiques. Concrètement, l'approche expérimentale s'est intéressée à trois aspects : (1) l'étude du statut de la syllabe et des caractéristiques phonotactiques et linguistiques auprès d'enfants apprentis-lecteurs et d'adultes, (2) l'évaluation qualitative et quantitative des traitements phonologiques chez des enfants dyslexiques développementaux appariés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques et, (3) l'étude du statut de la syllabe et des caractéristiques phonotactiques et linguistiques chez des enfants dyslexiques développementaux appariés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques.

Dans ce chapitre, nous présenterons la problématique ainsi que la structure de la partie expérimentale. Nous introduirons chaque expérience et leurs objectifs spécifiques. Enfin, nous exposerons les hypothèses générales que nous avons formulées tandis que les hypothèses opérationnelles ne seront développées qu'ultérieurement dans le cadre de chaque expérience.

2. Problématique et objectifs spécifiques

2.1. Problématique

La problématique de cette étude est multiple et sous-tendue par plusieurs questions. Cependant, nous pouvons la résumer ainsi : – les enfants normo-lecteurs s'appuient-ils précocement et durablement sur la syllabe en lecture silencieuse ? – les enfants dyslexiques peuvent-ils également avoir recours aux unités syllabiques ? – les caractéristiques phonotactiques, acoustico-phonétiques et les fréquences lexicales et infralexicales influencent-elles le type de

traitement mis en œuvre par les enfants avec et sans trouble phonologique et par les adultes ? – les traitements différent-ils qualitativement et quantitativement entre des enfants dyslexiques et des enfants normo-lecteurs appariés en âge chronologique et lexique ?

2.2. Objectifs

De manière plus détaillée, nous avons orienté nos recherches selon cinq objectifs spécifiques qui sous-tendaient notre objectif principal :

- 1. Déterminer si la syllabe est une unité phonologique fonctionnelle en français, rapidement disponible chez les apprentis-lecteurs et durablement utilisée chez les adultes lecteurs habiles.
- 2. Savoir si la syllabe est une unité phonologique dont le recours, aussi bien chez les apprentis-lecteurs que chez les lecteurs habiles, est modulé par la fréquence syllabique et/ou les caractéristiques phonotactiques et/ou acoustico-phonétiques.
- 3. Vérifier si les dyslexiques développementaux peuvent ou non s'appuyer sur des procédures phonologiques – éventuellement basées sur la syllabe – et sur les caractéristiques linguistiques pour traiter des stimuli visuels linguistiques.
- 4. Affiner la compréhension des mécanismes normaux (i.e., approche développementale) et atypiques (i.e., approche comparative entre enfants dyslexiques et normo-lecteurs appariés en âges chronologiques et lexiques) de l'apprentissage de la lecture.
- 5. Caractériser la nature des troubles phonologiques et leurs répercussions auprès des enfants dyslexiques développementaux.

3. Introduction à la partie expérimentale

3.1. Organisation de la partie expérimentale

La partie expérimentale de ce travail est organisée selon deux grandes sections. Pour chaque section, nous verrons plusieurs expériences élaborées afin de répondre à notre problématique et à nos objectifs. Les expériences seront regroupées dans des chapitres définis en fonction de leurs objectifs et des populations visées.

La première section comporte deux chapitres dans lesquels nous présenterons les données issues de pré-tests réalisés pour trois tâches distinctes. Dans le premier chapitre, nous verrons une première expérience dans laquelle nous étudierons les résultats obtenus dans une approche développementale auprès d'enfants de CP, CE₂ et CM₂ en cours d'apprentissage de la lecture. Dans le second chapitre, nous présenterons deux autres expériences dans lesquelles nous analyserons les performances d'adultes normo-lecteurs.

La seconde section contient deux chapitres. Dans le premier chapitre, nous exposerons deux expériences servant à évaluer le niveau des représentations phonologiques alors que dans le deuxième chapitre, nous étudierons à nouveau des résultats obtenus à partir des trois paradigmes présentés dans la Section A. Toutes les expériences se sont strictement attachées à comparer les performances d'enfants souffrant d'une dyslexie de développement appariés en âges chronologiques et lexiques à des enfants normo-lecteurs.

3.2. Présentation des expériences

3.2.1. Tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots

La première tâche a été réalisée avec une adaptation de la tâche de détection visuelle de cible proposée par Colé et al. (1999) en manipulant deux bases de données sur les fréquences lexicales (i.e., Manulex, Lété et al., 2004) et infralexicales (i.e., Manulex-infra, Peereman et al., 2007), spécialement tirées d'un corpus d'ouvrages proposé à l'école primaire.

L'utilisation d'une telle tâche doit permettre de mettre en évidence le format des unités phonologiques générées pour lire des mots bisyllabiques auprès d'enfants qui ont bénéficié d'un apprentissage de la lecture basé sur l'enseignement des règles CGP. La tâche doit également permettre d'observer le recours à des unités phonologiques modulées par le niveau d'expertise (conformément au parcours développemental postulé par Seymour, 1997), mais rapidement basées sur des unités syllabiques en fonction de la fréquence syllabique et lexicale. La manipulation de la fréquence lexicale doit donner des indications sur le niveau de construction du lexique orthographique tandis que la fréquence syllabique doit renseigner sur le niveau de progression dans la maîtrise des unités larges de lecture.

Dans un premier temps, le but était notamment de pré-tester le paradigme nouvellement retravaillé. Cependant, il s'agissait essentiellement d'évaluer la procédure de recodage phonologique et l'utilisation précoce et durable d'un traitement syllabique auprès d'enfants de CP, CE₂ et CM₂. Nous essayions de caractériser le parcours développemental du recours aux unités phonologiques avec un focus sur le rôle précoce de la syllabe et l'influence de la fréquence syllabique pour lesquels peu de données étaient disponibles (mais voir Colé et Sprenger-Charolles, 1999).

Dans un second temps, nous avons proposé cette tâche à des enfants dyslexiques développementaux et à des enfants normo-lecteurs appariés en âges chronologiques et lexiques. Le but était de déterminer le format de l'unité en lecture silencieuse (i.e., syllabe, phonème ou lettre) chez des enfants présentant des troubles d'apprentissage de la lecture et de tester l'impact de la fréquence syllabique et lexicale sur la nature des traitements (i.e., phonologique et/ou visuel). Enfin, il convenait de confronter leurs résultats à ceux d'enfants normo-lecteurs afin de

mettre en évidence d'éventuelles différences qualitatives et/ou quantitatives dans leurs traitements.

3.2.2. Tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots

Cette deuxième tâche²¹ manipulait les profils de sonorité à la frontière syllabique et la suppression de l'une des consonnes au sein du cluster intervocalique dans des pseudomots.

L'intérêt de cette tâche est d'utiliser des pseudomots bisyllabiques prononçables (e.g., TOLPUDE) présentés dans un double support simultané (i.e., visuel et auditif) pour contraindre les sujets à recourir à un traitement phonologique afin d'étudier la taille des unités contactées. La manipulation des consonnes à la frontière syllabique (i.e., suppression de la coda 'L' ou de l'attaque 'P') doit permettre de révéler la taille des unités phonologiques utilisées et de mesurer le niveau d'influence opéré par la phonotactique et spécifiquement par le profil de sonorité 'coda sonore-attaque obstruente', décrit comme optimal, sur le recours aux unités syllabiques.

D'une part, l'objectif était de pré-tester cette nouvelle expérience auprès d'adultes normo-lecteurs en vue d'une application chez des enfants. Il s'agissait surtout de défendre l'utilisation de la syllabe comme unité phonologique pour traiter des pseudomots dont le recours serait modulé par les règles phonotactiques et notamment le profil de sonorité à la frontière syllabique.

D'autre part, nous avons administré cette tâche à des enfants dyslexiques développementaux toujours appariés à des populations d'enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques. En manipulant des pseudomots, le but était d'observer la présence ou non d'un traitement phonologique, éventuellement syllabique, chez des enfants dyslexiques et de mesurer l'influence potentielle de la sonorité des groupes intervocaliques chez ces mêmes enfants. L'idée était également de distinguer l'existence de profils de réponse distincts entre enfants avec et sans troubles d'apprentissage de la lecture.

3.2.3. Tâche de détection visuelle de lettre à la frontière syllabique

La troisième tâche a été élaborée à partir du paradigme des conjonctions illusoires (e.g., Prinzmetal et al., 1986 ; Treisman & Schmidt, 1982). Ce paradigme d'identification perceptive de pseudomots manipulait comme facteurs les profils de sonorité à la frontière syllabique, la congruence/incongruence entre la couleur de présentation et le découpage syllabique « naturel » et le statut de la lettre-cible à identifier (e.g., coda ou attaque).

L'intérêt de ce paradigme est de proposer une tâche d'identification des unités perceptives à un niveau très précoce de traitement, avant même l'identification complète des stimuli écrits.

²¹ Cette tâche ainsi que la tâche suivante ont été élaborées en collaboration avec Bruno De Cara (Université Nice Sophia-Antipolis, France).

Les erreurs qui en résultent doivent permettre d’observer plus de conjonctions illusoires d’erreurs de préservation (i.e., attribuer la couleur de la lettre ‘P’ au segment ‘UDE’ dans ‘TOLPUDE’) que d’erreurs de violation (i.e., attribuer la couleur de la lettre ‘P’ au segment ‘TOL’ dans ‘TOLPUDE’) de la frontière syllabique si la syllabe est l’unité pertinente. L’utilisation de pseudomots bisyllabiques prononçables et de profils de sonorité optimaux et atypiques doit permettre de montrer si le recours aux syllabes phonologiques est contraint par le profil de sonorité optimal ‘coda sonore-attaque obstruente’.

Dans la première partie, nous avons d’abord pré-testé cette expérience auprès d’adultes normo-lecteurs en vue d’une application ultérieure chez des enfants. L’objectif était sensiblement le même que dans la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots, à savoir l’étude du rôle de la syllabe dans le traitement de pseudomots et l’impact du profil de sonorité à la frontière syllabique.

Dans la deuxième partie, nous avons testé ce paradigme auprès d’enfants dyslexiques développementaux à nouveau appariés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques. Ici, il s’agissait aussi d’étudier l’implication ou non d’un traitement phonologique, éventuellement syllabique, chez des enfants dyslexiques et d’évaluer l’impact de la sonorité et de la place des consonnes au sein des groupes intervocaliques chez ces mêmes enfants. Enfin, le but était de comparer les performances des enfants avec troubles d’apprentissage de la lecture avec des enfants sans difficultés.

3.2.4. Tâche de décision lexicale

Cette quatrième tâche²² manipulait la nature des items (i.e., pseudohomophones, non-mots, mots), leurs structures syllabiques (i.e., CV, CCV, CVC) et la fréquence lexicale.

L’intérêt de cette tâche est de pouvoir étudier simultanément le niveau de connaissances orthographiques et phonologiques, l’influence de la complexité syllabique et de la fréquence lexicale dans une tâche qui, *a priori*, peut s’effectuer uniquement visuellement. La manipulation de pseudohomophones doit notamment mettre en évidence le recours précoce (i.e., chez des enfants en cours d’apprentissage de la lecture), automatique et irrépessible de la phonologie (cf. voir chez l’adulte les travaux de Ziegler, Van Orden & Jacobs, 1997) par des taux d’erreurs élevés pour les pseudohomophones. L’existence d’un mécanisme de vérification et de correction orthographique doit permettre de réduire les erreurs phonologiques induites par les pseudohomophones par une comparaison avec les connaissances stockées dans le lexique

²² Cette tâche a été adaptée du test d’évaluation de jeunes adultes proposé lors des Journées d’Appel de Préparation à la Défense (Jean-Émile Gombert, Université Rennes 2 – France).

orthographique et donc augmenter les temps de réponse. La manipulation de la fréquence lexicale doit également permettre de montrer le niveau de construction du lexique orthographique.

L'objectif de cette tâche était d'évaluer le recours à des traitements phonologiques et donc à évaluer le fonctionnement de la procédure de recodage phonologique chez des enfants dyslexiques développementaux comparés à des enfants normo-lecteurs, tout en observant l'influence de la fréquence lexicale et de la complexité syllabique.

3.2.5. Tâche de discrimination auditive de paires minimales

Enfin, dans cette cinquième tâche²³ qui consistait en une tâche de discrimination auditive de paires minimales (e.g., Serniclaes et al., 2001), nous avons manipulé le statut du phonème initial (e.g., voisé, non voisé ; fricatif, occlusif...) dans une condition 'identique' (e.g., /bu/ - /bu/) et dans une condition 'différente' (e.g., /pu/ - /bu/).

L'intérêt de cette tâche est de pouvoir mesurer le niveau de sensibilité à des traits acoustico-phonétiques très fins de la langue. Pouvoir évaluer le niveau des représentations phonémiques stockées en mémoire sur un indice de discrimination tel que le voisement, pertinent en français, doit indiquer si les sujets disposent des capacités nécessaires pour l'apprentissage des règles CGP et la maîtrise ultérieure d'unités syllabiques.

Cette tâche a été administrée à des enfants dyslexiques développementaux et normo-lecteurs appariés en âges chronologiques et lexiques dans le but d'évaluer le niveau des représentations phonologiques, et plus particulièrement phonémiques, ainsi que la sensibilité à des indices acoustico-phonétiques.

3.3. Hypothèses générales

Nous avons émis cinq hypothèses générales que nous nous sommes proposé de valider au travers de cinq expériences. Les hypothèses générales qui ont guidé notre démarche expérimentale peuvent être récapitulées comme suit :

- La syllabe est une unité phonologique prélexicale précocement et durablement disponible chez l'apprenti-lecteur dont l'utilisation est consécutive à la maîtrise des règles CGP et dépendante de la fréquence syllabique et de l'organisation phonotactique aux frontières syllabiques.

²³ Cette tâche a été conçue conjointement avec Laëticia Blanc (Étudiante en Master 2, Université Lyon 2 – France).

- Les adultes normo-lecteurs s'appuient sur des traitements syllabiques lorsque l'organisation intervocalique respecte les règles phonotactiques du français.
- Les enfants dyslexiques n'utilisent pas de procédure phonologique syllabique en reconnaissance visuelle de mots, mais plutôt une procédure visuelle séquentielle ou éventuellement une procédure phonologique phonémique.
- Les enfants dyslexiques sont sensibles aux fréquences lexicales et infralexicales, mais éprouvent des difficultés dans l'utilisation et la manipulation de procédures phonologiques et d'indices phonotactiques et infraphonémiques.
- Les performances, aussi bien en termes de vitesse (i.e., temps de réponse) que de précision (i.e., nombre d'erreurs), sont inférieures chez les enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs de même âge chronologique, mais supérieures à celles d'enfants normo-lecteurs appariés en âge lexique.

4. Conclusion

Ce travail de recherche propose de préciser le statut de la syllabe en français. L'étude de l'unité syllabique s'effectue du début de l'enseignement de la lecture jusqu'à l'âge adulte en passant par les troubles d'apprentissage de la lecture, tout en s'intéressant aux caractéristiques linguistiques du français. L'aspect novateur est, au-delà de tenir compte de données théoriques et expérimentales antérieures, d'intégrer de nouvelles variables jusqu'à lors rarement exploitées dans les études en psycholinguistiques chez l'enfant telles que la fréquence syllabique écrite (i.e., Manulex, Lété et al., 2004 ; Manulex-infra, Peereman et al., 2007), la sonorité des consonnes aux frontières syllabiques ou bien l'importance de la phonotactique et de la complexité syllabique.

PARTIE II

CADRE EXPÉRIMENTAL

CHAPITRE 8

– Approche développementale du traitement phonologique grapho-syllabique –

1. Approche développementale

1.1. Introduction

Dans cette expérience, nous étudions le traitement grapho-syllabique auprès d'enfants de CP, CE2 et CM2. L'objectif est de caractériser le parcours développemental du recours aux unités phonologiques et de mieux comprendre l'impact de la fréquence syllabique en lecture silencieuse.

1.2. Rappel de la problématique

Cette expérience vise à répondre à trois questions : – la syllabe est-elle une unité prélexicale précocement disponible et utilisée en lecture silencieuse pendant l'apprentissage de la lecture ? – le parcours développemental décrivant une progression des petites vers les grandes unités peut-il se vérifier en français ? – la fréquence syllabique écrite est-elle un facteur qui influence la nature et la vitesse de la procédure phonologique sollicitée ?

1.3. Méthode

1.3.1. Participants

Soixante enfants français issus d'une école primaire urbaine ont participé en fin d'année scolaire (i.e., mois de mai et juin). Ces enfants étaient répartis dans trois niveaux scolaires, à savoir vingt enfants de CP (âge moyen = 6 ans 9 mois, σ : 3.6), vingt enfants de CE2 (âge moyen = 8 ans et 8 mois, σ : 3.4) et vingt enfants de CM2 (âge moyen = 10 ans et 8 mois, σ : 3.5). Tous les enfants sélectionnés avaient reçu un enseignement de la lecture basé sur une méthode d'apprentissage des CGP plutôt qu'un enseignement reposant sur une méthode globale. Les enfants étaient tous de langue maternelle française, droitiers et sans problèmes psychologiques, comportementaux ou neurologiques. Ils n'étaient ni redoublant ni en avance. Enfin, ils avaient tous une vue normale ou corrigée.

1.3.2. Tests d'homogénéité des populations

Les enfants ont tous réalisé un test de lecture afin d'écarter tout trouble possible en lecture. Nous avons utilisé le TIMÉ 2 (i.e., Test d'Identification de Mots Écrits, niveau 2 ; Écalle, 2003) pour les enfants âgés de 6 à 8 ans et le TIMÉ 3 (i.e., Test d'Identification de Mots Écrits, niveau 3 ; Écalle, 2006) pour les enfants âgés de 8 à 11 ans. Ces deux tests nous ont permis d'évaluer les niveaux de lecture et de connaissances orthographiques. Aucune analyse statistique n'a été menée sur les scores. Les résultats obtenus ont permis de nous assurer que les âges chronologiques et lexicaux correspondaient. En d'autres termes, tous les enfants présentaient des profils de lecteurs normaux.

1.3.3. Stimuli

Les stimuli incluaient douze paires de mots bisyllabiques standardisés (i.e., six à sept de lettres) appariés en fréquence lexicale écrite et partageant les trois premiers phonèmes mais dont la structure syllabique différait (e.g., PA.ROLE et PAR.FUM). Pour chaque paire de stimuli, les cibles de structure CV (consonne-voyelle) et CVC (consonne-voyelle-consonne) étaient également appariées aussi précisément que possible en termes de fréquence écrite (Annexes A). Chaque stimulus (i.e., mot) était présenté soit avec une cible congruente avec sa structure syllabique initiale (e.g., PA-PA.ROLE ou PAR-PAR.FUM), soit avec une cible incongruente avec sa structure syllabique initiale (e.g., PAR-PA.ROLE ou PA-PAR.FUM). La partie initiale de chaque mot était composée de bigrammes et de trigrammes dont les correspondances grapho-phonémiques étaient régulières (i.e., transparentes). Pour les mots CVC, la frontière syllabique était optimale. Elle respectait systématiquement le pattern accroissement-diminution de la sonorité (Clements, 1990) avec une coda sonore (e.g., 'r' ou 'l') suivie par une attaque moins sonore (e.g., 't'). La fréquence écrite des mots a été obtenue via Manulex²⁴ (Lété et al., 2004) qui est une base de données lexicales française fournissant la fréquence des mots rencontrés par les enfants entre le CP et le CM2. Les mots ont été équitablement divisés en six mots CV fréquents ($\mu = 47$) et six mots peu fréquents ($\mu = 3$) ainsi qu'en six mots CVC fréquents ($\mu = 42$) et six mots peu fréquents ($\mu = 1$). La fréquence écrite des cibles a été manipulée via Manulex-infra1 (Peereman et al., 2007) qui renseigne sur la fréquence des syllabes en fonction de leur position dans les mots pour les enfants du CP au CM2. Les cibles étaient subdivisées en cibles CV et CVC fréquentes (respectivement, $\mu = 2969$; $\mu = 822$) et en cibles CV et CVC peu fréquentes (respectivement, $\mu = 812$; $\mu = 192$). Nous avons également contrôlé le point d'unicité orthographique et phonologique (Lexique, New et al., 2001) et le nombre de voisins phonographiques (Manulex-infra, Peereman

²⁴ Les fréquences retenues pour les deux bases de données étaient celles en nombre d'occurrences par million tous niveaux scolaires confondus (i.e., U1-U5, du CP au CM₂).

et al., 2007). Enfin, la fréquence orale des cibles a été contrôlée (Wioland, 1985). L'ensemble des facteurs manipulés est présenté ci-dessous (Tableau 1). La tâche contenait aussi vingt-quatre distracteurs forçant une réponse négative (e.g., GU-PA.LACE) ainsi que douze remplisseurs aux mêmes caractéristiques que les mots-tests mais ignorés dans la prise en compte des temps de réponse (e.g., PER-PERCER). Le nombre d'items ainsi que les conditions avaient été préalablement contrebalancées pour chaque liste expérimentale. Dans chaque liste expérimentale, les items étaient présentés dans un ordre aléatoire. Chaque enfant ne rencontrait tous les items et toutes les conditions expérimentales qu'une seule fois.

Tableau 1. Exemples de l'ensemble des conditions expérimentales pour la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots.

		Mot CV		Mot CVC	
		Mot Fréquent	Mot peu fréquent	Mot fréquent	Mot peu fréquent
Cible CV	Cible fréquente	PA PAROLE	MO MORALE	MA MALGRÉ	CA CARBONE
	Cible peu fréquente	VO VOLANT	TO TORERO	VO VOLCAN	DO DORSAL
Cible CVC	Cible fréquente	MAL MALADE	COR CORAIL	CAR CARTON	COR CORDON
	Cible peu fréquente	BAL BALANCE	TOR TORERO	BAL BALCON	DUR DURCIR

1.3.4. Dispositif expérimental

Les stimuli étaient présentés visuellement par l'intermédiaire du logiciel PsyScope 1.2.5 (Cohen, MacWhinney, Flatt & Provost, 1993) sur l'écran d'un ordinateur portable Macintosh iBook, version Mac OS 9.2. Les enfants étaient assis approximativement à 57cm de l'écran. Ils devaient utiliser leurs index pour répondre 'oui' (touche 'p') ou 'non' (touche 'a'). La disposition des touches de réponse reflétait la préférence manuelle droite. Le logiciel enregistrait les réponses ainsi que les temps de réponse.

1.3.5. Procédure

Chaque enfant était testé individuellement sur une session unique comportant plusieurs pauses. La tâche durait environ 15mn. Les stimuli étaient présentés en police 'Chicago', taille '48' sur un écran blanc. L'enfant était d'abord habitué aux touches de réponse et aux différentes conditions expérimentales grâce à une liste d'essai contenant huit stimuli-tests. Il recevait comme instructions de répondre aussi vite et aussi précisément que possible si la cible apparaissait ou non à l'initiale du mot (Annexes B). L'expérience commençait après cet entraînement. Cible et mot étaient présentés en lettres minuscules. Un point de fixation (i.e., '+') s'affichait 800ms au centre

de l'écran. Après sa disparition, la cible était affichée à sa place pendant 1000ms jusqu'à ce que le mot apparaisse juste en dessous. Cible et mot restaient à l'écran jusqu'à la réponse de l'enfant. La séquence suivante débutait 500ms après la réponse de l'enfant. Une pause séparait chaque bloc expérimental dont la durée était décidée par l'enfant. L'expérimentateur n'intervenait jamais.

1.4. Hypothèses générale et opérationnelles

L'hypothèse générale était la suivante :

- La syllabe est une unité phonologique prélexicale précocement disponible chez l'apprenti-lecteur dont l'utilisation est consécutive à la maîtrise des règles CGP et dépendante de la fréquence syllabique.

Nous avons ainsi postulé quatre hypothèses opérationnelles :

Hypothèse opérationnelle 1a : Chez les enfants de CP, l'apprentissage et la maîtrise des règles CGP sont progressifs depuis plus de six mois avec un niveau de lecture mesuré normal. Les premiers contacts avec l'écrit se sont principalement appuyés sur des unités phonologiques infralexicales comme les phonèmes ou les syllabes. Ces enfants ont donc pu mettre en place une procédure phonologique grapho-phonémique efficace qui est déjà suffisamment aboutie pour permettre le recours à une procédure grapho-syllabique qui médiatiserait l'accès au lexique. Par conséquent, nous prédisons un traitement phonologique grapho-syllabique pour les syllabes fréquentes – mis en évidence par un effet de compatibilité syllabique (i.e., les cibles CV seront traitées plus rapidement que les cibles CVC à l'initiale des mots CV et inversement réciproque dans le cas des mots CVC) – mais un traitement grapho-phonémique pour les syllabes peu fréquentes – mis en évidence par un effet de longueur de cible (i.e., les cibles CV seront détectées plus rapidement que les cibles CVC) – indépendamment de la fréquence lexicale. Parallèlement, nous ne devrions pas observer d'effet global de fréquence syllabique et lexicale dans la mesure où ces enfants n'ont pas encore été confrontés à l'écrit suffisamment longtemps.

Hypothèse opérationnelle 1b : Chez les enfants de CE2, compte tenu d'une plus grande expérience avec l'écrit, nous envisageons un effet de fréquence lexicale (i.e., les mots fréquents seront traités plus rapidement que les mots peu fréquents) ainsi qu'un effet de fréquence syllabique (i.e., les syllabes fréquentes seront traitées plus rapidement que les syllabes peu fréquentes). Par ailleurs, grâce à une plus grande maîtrise des règles de conversion écrit-oral et d'un niveau de lecture normal, nous faisons l'hypothèse d'un traitement phonologique grapho-syllabique pour les syllabes fréquentes et peu fréquentes. Nous devrions donc obtenir un effet de compatibilité syllabique pour les deux fréquences syllabiques.

Hypothèse opérationnelle 1c : Chez les enfants de CM2, l'exposition prolongée à l'écrit a permis à ces enfants d'élaborer des connaissances orthographiques. D'autre part, les compétences liées à la maîtrise des règles CGP sont plus abouties. Combinées à un niveau de lecture normal, nous prédisons des performances proches de celles des adultes, conformément à celles dégagées dans l'étude de Colé et al. (1999). Nous nous attendons donc à un traitement phonologique grapho-syllabique pour les syllabes peu fréquentes – signifié par un effet de compatibilité syllabique – mais un traitement visuo-orthographique pour les syllabes fréquentes – matérialisé par un effet de longueur de cible. Enfin, nous devrions également observer des effets de fréquence syllabique et lexicale.

Hypothèse opérationnelle 1d : En fonction du degré d'automatisation et d'expertise, nous devrions avoir une différence globale de la vitesse des traitements entre les différents niveaux scolaires, à savoir des temps de réponse qui décroissent du CP au CM2.

1.5. Résultats

1.5.1. Introduction

Plusieurs analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées sur quatre facteurs intra-sujets chacun à deux modalités ont été réalisées :

- Mot (CV et CVC), Fréquence du Mot (fréquente et peu fréquente), Cible (CV et CVC) et Fréquence de la Cible (fréquente et peu fréquente)),

et sur un facteur inter-sujets à trois modalités (i.e., Groupe (CP, CE₂ et CM₂)) en prenant comme variables aléatoires les sujets (*F1*) et les stimuli (*F2*).

Les plans expérimentaux généraux de cette expérience étaient les suivants :

- pour *F1*, $S_{20} < G_3 > * M_2 * M_{f_2} * C_2 * C_{f_2}$; pour *F2*, $I_{12} < M_2 * M_{f_2} > * C_2 * C_{f_2} * G_3$ ²⁵.

Seuls les temps de réponse corrects ont été pris en considération lors des analyses. Les temps de réponse corrects ont été standardisés (i.e., technique du trimming ; pour chaque sujet, les temps de réponse éloignés de la moyenne plus ou moins deux écarts-types étaient remplacés par la moyenne du sujet ; environ 4.7% des données). Aucune analyse statistique n'a été menée sur les erreurs (environ 1.7% des données). Les données descriptives sont résumées dans le Tableau 2.

²⁵ Mot = M ; Fréquence du Mot = Mf ; Cible = C ; Fréquence de la Cible = Cf ; Groupe = G ; Sujet = S et Item = I.

Tableau 2. Récapitulatif descriptif des temps de réponse moyens (en ms), de l'erreur standard (entre parenthèses) et du pourcentage d'erreur de chaque condition expérimentale pour les enfants de CP, CE₂ et CM₂.

		Mot CV		Mot CVC	
		Mot fréquent	Mot peu fréquent	Mot fréquent	Mot peu fréquent
CP	Cible CV fréquente	1577 (129) 1.7%	1656 (162) 1.7%	1853 (201) 0.0%	1962 (255) 0.0%
	Cible CV Peu fréquente	1692 (192) 1.7%	1710 (175) 1.7%	1704 (181) 3.3%	1732 (173) 3.3%
	Cible CVC fréquente	1842 (238) 5.0%	1924 (215) 1.7%	1575 (121) 1.7%	1651 (149) 0.0%
	Cible CVC Peu fréquente	1947 (193) 6.7%	1767 (158) 0.0%	1817 (164) 5.0%	1970 (145) 0.0%
		Mot CV		Mot CVC	
		Mot fréquent	Mot peu fréquent	Mot fréquent	Mot peu fréquent
CE ₂	Cible CV fréquente	901 (71) 0.0%	1000 (85) 1.7%	1041 (83) 0.0%	1003 (60) 6.7%
	Cible CV Peu fréquente	1008 (61) 1.7%	1179 (98) 0.0%	1025 (110) 0.0%	1056 (85) 3.3%
	Cible CVC fréquente	1032 (72) 1.7%	1111 (83) 1.7%	889 (52) 1.7%	1082 (65) 0.0%
	Cible CVC peu fréquente	1141 (68) 1.7%	1272 (112) 1.7%	1194 (63) 0.0%	1329 (84) 0.0%
		Mot CV		Mot CVC	
		Mot fréquent	Mot peu fréquent	Mot fréquent	Mot peu fréquent
CM ₂	Cible CV fréquente	741 (58) 0.0%	873 (50) 3.3%	805 (55) 3.3%	919 (78) 1.7%
	Cible CV peu fréquente	891 (50) 1.7%	817 (45) 1.7%	912 (69) 1.7%	870 (62) 0.0%
	Cible CVC fréquente	799 (61) 3.3%	860 (49) 1.7%	697 (47) 0.0%	753 (48) 0.0%
	Cible CVC peu fréquente	923 (41) 3.3%	968 (51) 0.0%	786 (45) 0.0%	736 (44) 0.0%

1.5.2. Analyse comparative des trois groupes d'enfants

L'ANOVA effectuée sur l'ensemble des facteurs pour les trois groupes d'enfants révèle un effet principal significatif du facteur :

- Groupe [$F_{1(2, 57)} = 25.50, p < .0001, \eta^2 = 0.47, F_{2(2, 96)} = 542.75, p < .0001, \eta^2 = 0.92$]. Des analyses de contrastes montrent que les enfants de CP (1774ms) répondent significativement plus lentement que les enfants de CE₂ (1079ms), ($F_{(1, 38)} = 18.49, p = .0001$) et de CM₂ (834ms), ($F_{(1, 38)} = 37.73, p < .0001$). La différence des temps de réponses entre enfants de CE₂ et de CM₂ est significative ($F_{(1, 38)} = 9.37, p = .004$).

Par ailleurs, l'ANOVA montre une interaction significative Groupe**Mot**Cible*Fréquence de la Cible [$F_{1(2, 57)} = 3.25, p = .05, \eta^2 = 0.10, F_{2(2, 96)} = 3.33, p =$

.04, $\eta^2 = 0.07$]. À partir de ce résultat et conformément à nos hypothèses, nous allons observer plus précisément le comportement de l'interaction Mot*Cible*Fréquence de la Cible en fonction du niveau scolaire.

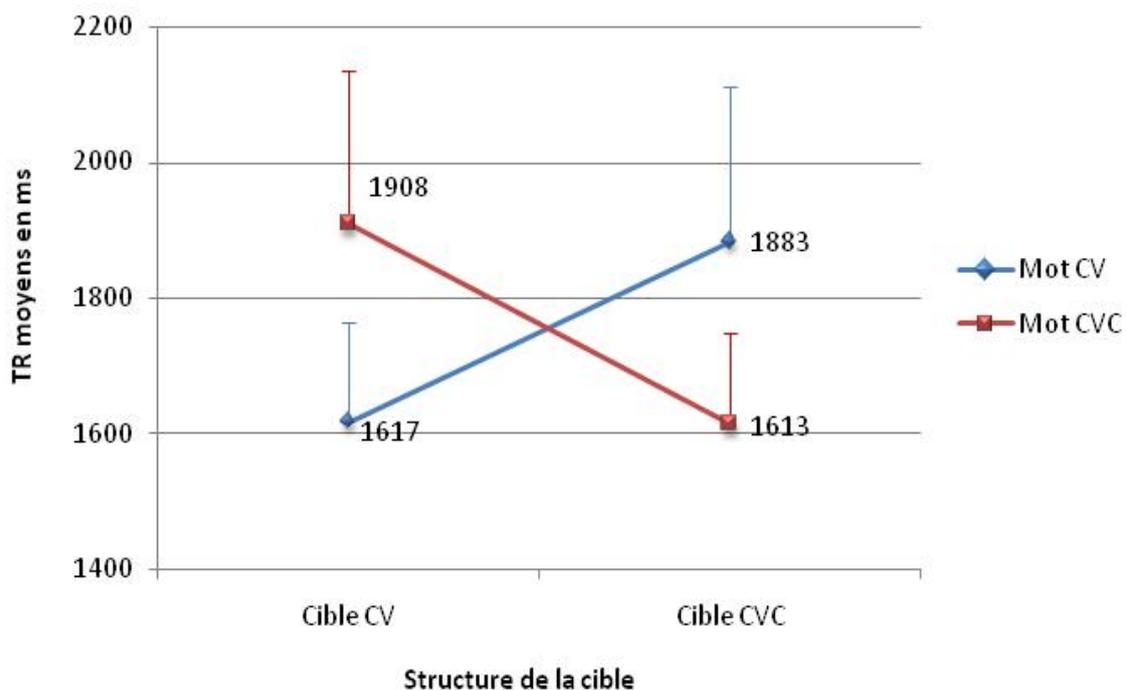
1.5.3. Au près des enfants de CP

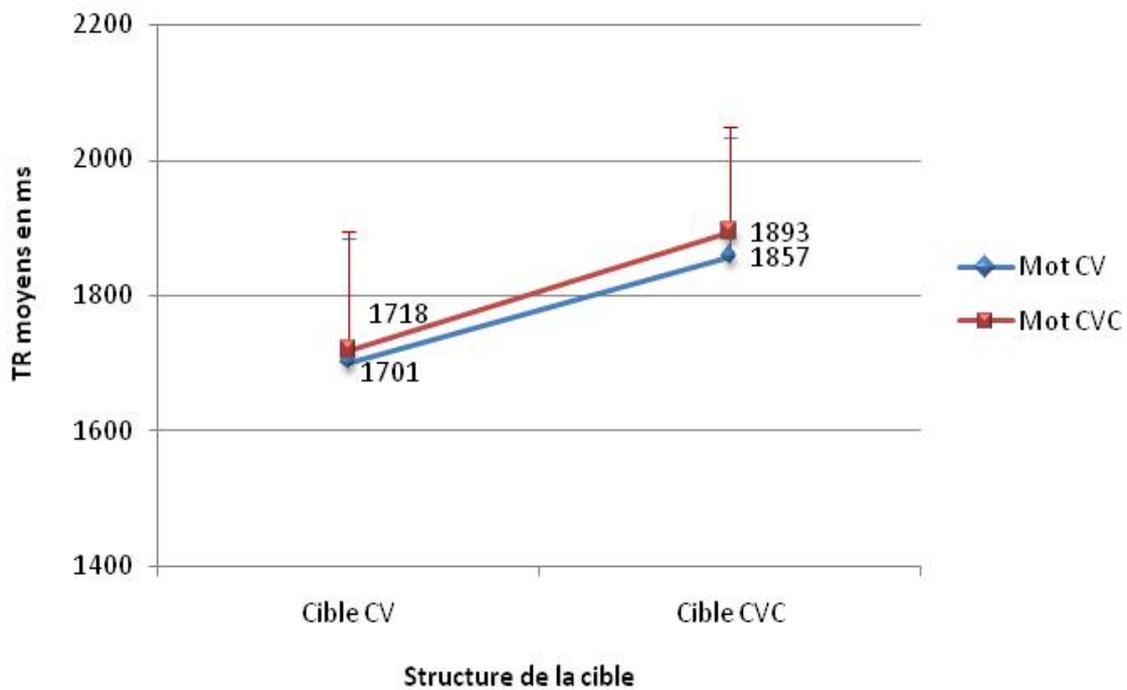
L'ANOVA menée sur les temps de réponse met en évidence uniquement une interaction significative Mot*Cible*Fréquence de la Cible [$F_{1(1, 19)} = 4.28$, $p = .05$, $\eta^2 = 0.18$, $F_{2(1, 32)} = 4.90$, $p = .03$, $\eta^2 = 0.13$]. Cette interaction nous permet d'analyser séparément l'interaction Mot*Cible pour les cibles fréquentes et peu fréquentes (Figure 14).

Concernant les cibles fréquentes, l'interaction Mot*Cible est significative [$F_{1(1, 19)} = 4.16$, $p = .05$, $\eta^2 = 0.18$, $F_{2(1, 20)} = 12.74$, $p = .002$, $\eta^2 = 0.39$]. Un effet significatif du facteur Cible est obtenu pour les cibles peu fréquentes mais uniquement lors de l'analyse par sujet [$F_{1(1, 19)} = 5.12$, $p = .04$, $\eta^2 = 0.21$, $F_2 < 3$] ; les cibles CV (1705ms) sont détectées plus vite que les cibles CVC (1865ms), quelle que soit la structure initiale du mot.

Cependant, les différences des temps de réponse entre les cibles fréquentes et peu fréquentes et entre les mots fréquents et peu fréquents ne sont pas significatives ($p > .1$).

Figure 14. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Mot*Cible en fonction des cibles fréquentes (graphique supérieur) et des cibles peu fréquentes (graphique inférieur) chez les enfants de CP.





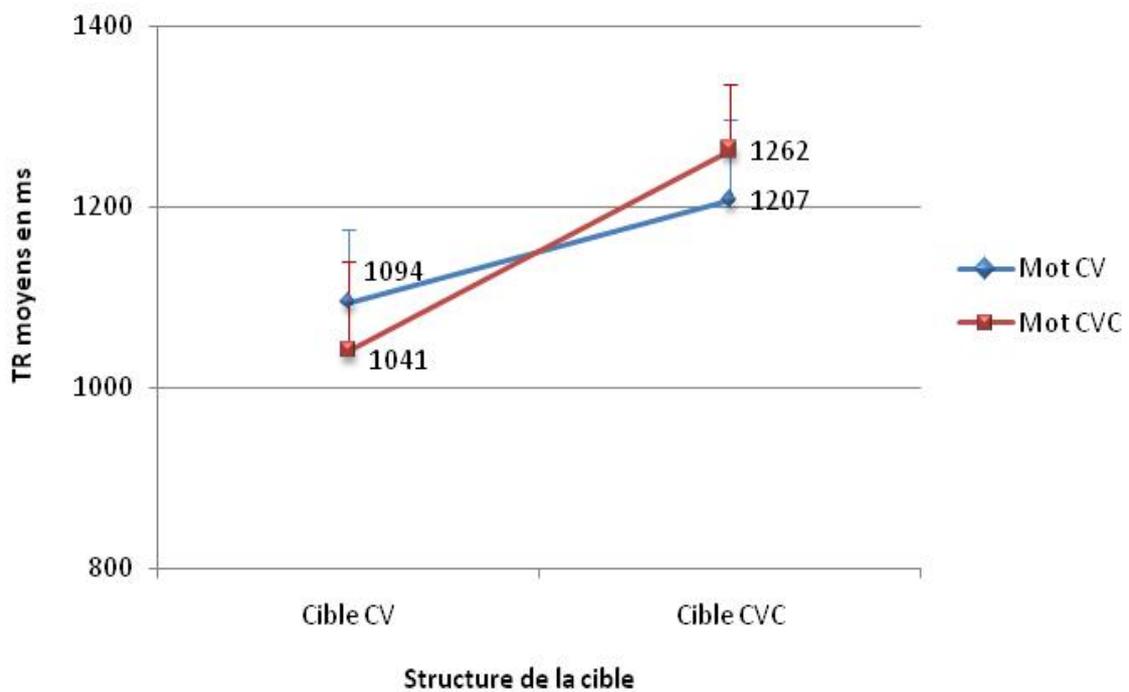
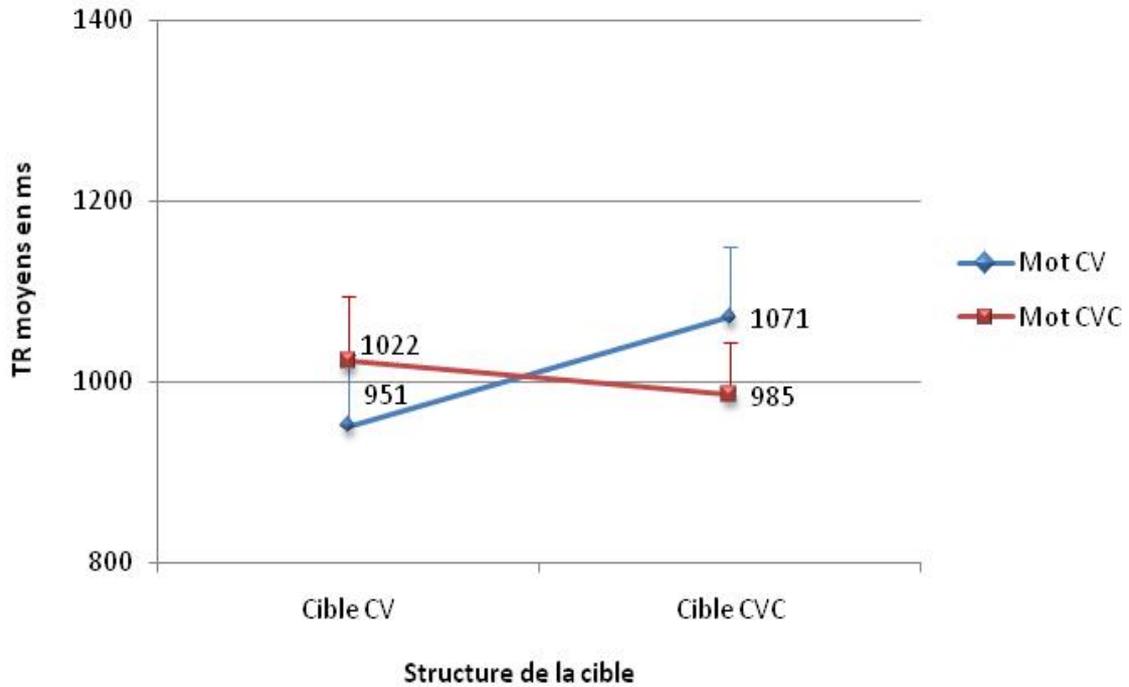
1.5.4. Au près des enfants de CE₂

L'ANOVA réalisée sur les temps de réponse révèle, dans l'analyse par sujet, une interaction significative Mot*Cible*Fréquence de la Cible [$F_{1(1, 19)} = 6.16, p = .02, \eta^2 = 0.25, F_{2(1, 32)} = 5.01, p = .03, \eta^2 = 0.14$]. Nous pouvons donc analyser séparément l'interaction Mot*Cible pour les cibles fréquentes et peu fréquentes (Figure 15).

L'interaction Mot*Cible n'est significative que pour les cibles fréquentes dans l'analyse par sujet [$F_{1(1, 19)} = 4.22, p = .05, \eta^2 = 0.18, F_2 < 3$]. En revanche, un effet significatif du facteur Cible émerge des analyses pour les cibles peu fréquentes [$F_{1(1, 19)} = 13.47, p = .004, \eta^2 = 0.42, F_{2(1, 20)} = 12.26, p = .002, \eta^2 = 0.38$], à savoir que les cibles CV (1059ms) sont détectées plus rapidement que les cibles CVC (1232ms) quelle que soit la structure initiale du mot.

Enfin, la différence globale des temps de réponse moyens entre les cibles fréquentes et peu fréquentes et entre les mots fréquents et peu fréquents est statistiquement significative [respectivement $F_{1(1, 19)} = 55.96, p < .0001, \eta^2 = 0.75, F_{2(1, 32)} = 25.88, p < .0001, \eta^2 = 0.45$; $F_{1(1, 19)} = 23.57, p < .0001, \eta^2 = 0.55, F_{2(1, 32)} = 11.91, p = .002, \eta^2 = 0.27$] ; en résumé, les cibles fréquentes (1004ms) et les mots fréquents (1027ms) facilitent les temps de réponses par rapport aux cibles peu fréquentes (1146ms) et aux mots peu fréquents (1123ms).

Figure 15. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Mot*Cible en fonction des cibles fréquentes (graphique supérieur) et des cibles peu fréquentes (graphique inférieur) chez les enfants de CE₂.



1.5.5. Auprès des enfants de CM₂

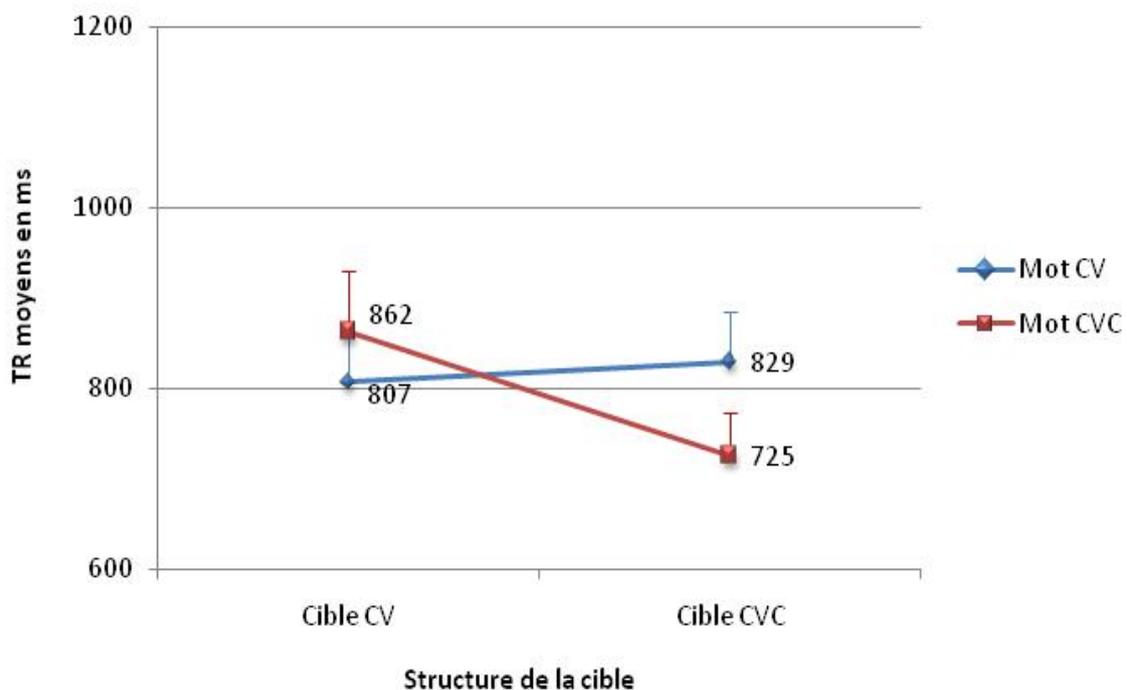
L'ANOVA conduite sur les temps de réponse moyens révèle, dans l'analyse par sujet, une double interaction significative Mot*Cible*Fréquence de la Cible [$F_{1(1, 19)} = 4.81, p = .04, \eta^2 = 0.20, F_2 < 1$]. Sur la base de ce résultat, nous sommes autorisés à étudier séparément l'interaction Mot*Cible pour les cibles fréquentes et peu fréquentes (Figure 16).

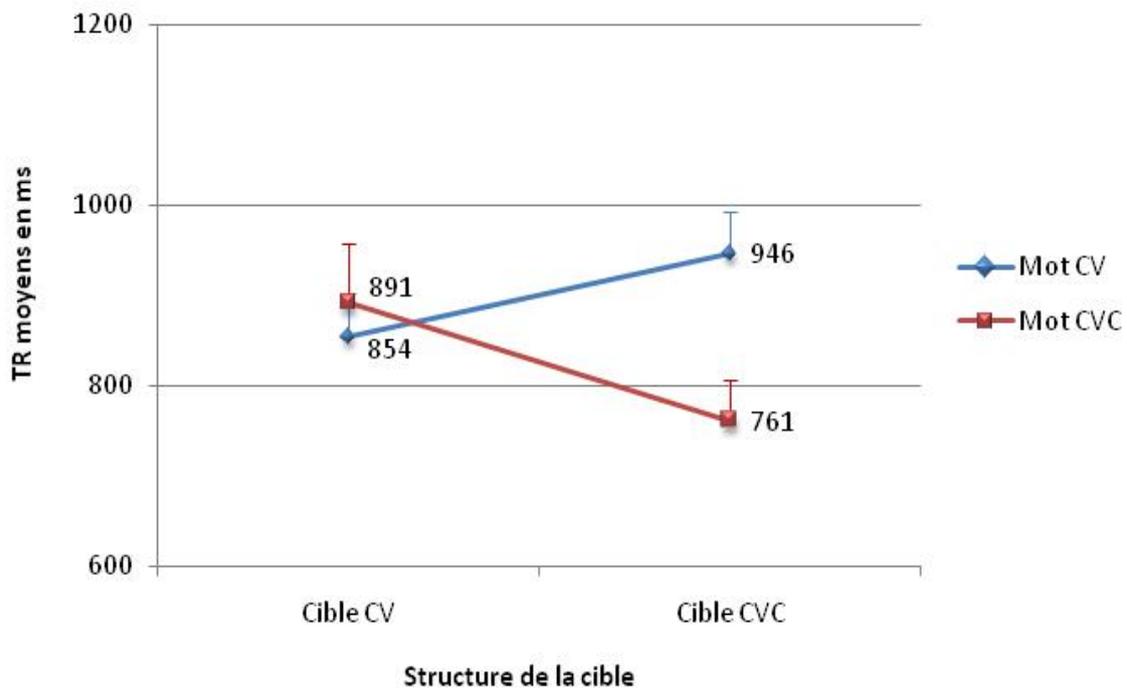
Les deux analyses conduites pour les cibles fréquentes et peu fréquentes mettent en évidence une interaction Mot*Cible significative pour les cibles fréquentes [$F_{1(1, 19)} = 7.08, p = .02, \eta^2 = 0.27, F_{2(1, 20)} = 6.32, p = .02, \eta^2 = 0.24$], et pour les cibles peu fréquentes [$F_{1(1, 19)} = 15.94, p = .0008, \eta^2 = 0.46, F_{2(1, 20)} = 18.63, p = .0003, \eta^2 = 0.48$].

De plus, un effet du facteur Cible est significatif dans l'analyse par item pour les cibles fréquentes [$F_{1(1, 19)} = 4.90, p = .04, \eta^2 = 0.21, F_2 < 1$]; cet effet se manifeste par des temps de réponse plus courts pour les cibles CVC (815ms) que pour les cibles CV (854ms).

Enfin, nous relevons des effets principaux significatifs pour la Fréquence de la Cible [$F_{1(1, 19)} = 12.35, p = .002, \eta^2 = 0.39, F_{2(1, 32)} = 8.51, p = .006, \eta^2 = 0.21$], et uniquement lors de l'analyse par sujet pour la fréquence du Mot [$F_{1(1, 19)} = 4.44, p = .05, \eta^2 = 0.19, F_2 < 2$]; les cibles fréquentes (806ms) et les mots fréquents (819ms) facilitent les temps de réponses par rapport aux cibles peu fréquentes (863ms) et aux mots peu fréquents (849ms).

Figure 16. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Mot*Cible en fonction des cibles fréquentes (graphique supérieur) et des cibles peu fréquentes (graphique inférieur) chez les enfants de CM₂.





1.6. Discussion

Dans cette étude, nous avons utilisé une tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots auprès d'enfants français de CP, CE₂ et CM₂. Nous avons manipulé les fréquences lexicales et syllabiques. Cette expérience comportait deux objectifs majeurs. Il s'agissait, d'une part, d'étudier la trajectoire développementale des unités utilisées par la procédure de recodage phonologique pendant l'apprentissage de la lecture en testant l'hypothèse du rôle précoce et majeur de la syllabe. D'autre part, il s'agissait de mettre en évidence le rôle de la fréquence syllabique dans la mise en place des stratégies phonologiques.

Dans un premier temps, la comparaison des trois groupes d'enfants met en évidence un premier effet compatible avec nos hypothèses : les enfants de CP répondent moins vite que les enfants de CE₂ et de CM₂, ces derniers répondant plus vite que les enfants de CE₂. Ce résultat, assez attendu, peut orienter les analyses vers une première conclusion : les performances dépendent de l'automatisation des traitements phonologiques qui s'accroît avec l'expertise et l'exposition à l'écrit. Conformément à notre hypothèse, l'interaction entre la structure des mots et la structure des cibles est dépendante de la fréquence des cibles et varie en fonction du groupe d'enfants. C'est à partir de ce résultat que nous avons décrypté les comportements indépendamment pour chaque groupe de niveau.

Au CP, les résultats confirment nos hypothèses. Lorsque les enfants sont confrontés à des cibles fréquentes, nous trouvons un effet de compatibilité syllabique. Comme déjà décrit dans des études précédentes (cf. Colé et al., 1999 ; Colé & Sprenger-Charolles, 1999), cet effet atteste du recours à une procédure phonologique grapho-syllabique. En revanche, tandis qu'un effet de compatibilité syllabique émerge avec les cibles fréquentes, un effet de longueur de cible ressort lors du traitement des cibles peu fréquentes : les cibles CV sont traitées plus brièvement que les cibles CVC, quelle que soit la structure initiale du mot. Cet effet de longueur de cible peut s'interpréter comme le recours à une procédure phonologique grapho-phonémique, si l'on prend en considération la méthode d'enseignement adoptée (i.e., instruction basée sur les CGP). Cependant, les enfants ne sont pas affectés par les fréquences syllabiques ou lexicales en ce sens que les cibles fréquentes et les mots fréquents ne sont pas détectés plus rapidement que les cibles peu fréquentes et les mots peu fréquents.

Au CE₂, les patterns de réponse observés chez les enfants de CP sont retrouvés à l'identique, à savoir un effet de compatibilité syllabique pour les cibles fréquentes et un effet de longueur de cible avec les cibles peu fréquentes. Toutefois, par rapport aux enfants de CP, les enfants de CE₂ sont globalement sensibles aussi bien à la fréquence syllabique qu'à la fréquence lexicale : les cibles fréquentes et les mots fréquents étaient traités respectivement plus vite que les cibles peu fréquentes et les mots peu fréquents. Les enfants de CE₂ ayant bénéficié de plus d'expérience avec l'écrit et maîtrisant mieux les CGP, cela peut aisément rendre compte des effets globaux de fréquence lexicale et de fréquence syllabique (comportement que l'on retrouve également auprès des enfants de CM₂ et qui peut s'interpréter de la même façon).

Il est intéressant d'insister sur les similitudes des traitements mis en œuvre par des enfants en fin de 3ème année d'apprentissage de la lecture en comparaison de ceux observés au CP. Il serait convenable de conclure sur une période de « stagnation » dans la progression des procédures puisque seuls les temps de réponse s'accélèrent. Il n'y aurait pas de réelle émergence d'une sensibilité nouvelle ou accrue aux structures propres à la langue compte tenu que les procédures phonologiques sont identiques. Cependant, l'accélération des traitements semble être le reflet d'une automatisation des traitements et ce, à deux niveaux : dans la comparaison générale des temps de réponse entre enfants de CP et de CE₂ et dans les temps de réponse, au CE₂, pour les cibles et les mots. Une certaine aisance semble s'installer et laisse profiler la construction progressive d'un lexique mental plus stable et plus fourni, grâce à une plus grande redondance d'exposition aux structures de la langue écrite.

Au CM₂, nous ne validons que partiellement nos hypothèses. À l'instar de ce que nous avons pu mettre en relief au CP et au CE₂, l'effet de compatibilité syllabique est retrouvé dans le traitement des cibles peu fréquentes, conformément à nos prédictions. En revanche, nous obtenons

deux effets surprenants et non-conformes pour le traitement des cibles fréquentes. Un effet de compatibilité syllabique est observé également pour les cibles fréquentes, accompagné d'un effet de longueur de cible inverse à nos attentes : les cibles CVC mènent à des latences de réponse plus courtes que les cibles CV, indépendamment de la structure initiale des mots. Toutefois, il apparaît que l'effet de compatibilité syllabique, que ce soit avec les cibles fréquentes ou peu fréquentes, est essentiellement dû aux cibles CVC précédant les mots CVC. Ce patron de résultats montrant un effet de longueur de cible « inversé » a été récemment mis en évidence avec des pseudomots dans les travaux de Calmus (2007). Cependant, ce type de résultats n'est pas nouveau. Déjà dans les travaux menés par Magnan et Écalle (2001) en identification perceptive à l'aide d'un paradigme d'amorçage masqué, les auteurs avaient démontré que les enfants normo-lecteurs pouvaient avoir des performances supérieures avec des amorces CVC et manifester un effet de congruence syllabique uniquement avec les amorces CVC. Ces auteurs avaient alors parlé de recouvrement perceptif.

L'une des constantes qui peut être extraite des résultats obtenus chez les trois groupes d'enfants est caractérisée par le rôle de la fréquence syllabique initiale. D'une part, les différences des temps de réponse entre cibles fréquentes et peu fréquentes abondent toujours en faveur des cibles fréquentes au CE₂ et au CM₂. D'autre part, seules les cibles fréquentes permettent aux enfants de CP, CE₂ et CM₂ de recourir à un codage de type grapho-syllabique alors que les cibles peu fréquentes les « limitent » à un codage de type soit grapho-phonémique, soit visuo-orthographique. Au vu de ces données, il apparaît difficile, du moins pour les enfants, de soutenir une influence inhibitrice de la fréquence syllabique telle qu'elle a été démontrée chez les adultes espagnols (e.g., Álvarez et al., 2000 ; 2001) ou français (e.g., Mathey & Zagar, 2002). En effet, si l'on s'appuie sur nos hypothèses, alors le passage par un stade intermédiaire de traitement des mots écrits reposant sur la syllabe représente un niveau d'expertise plus abouti que celui requérant l'utilisation des phonèmes. De manière semblable, l'effet de fréquence lexicale traditionnellement mis en évidence marque un certain niveau d'expertise identique à celui qui pourrait se développer au niveau de la fréquence syllabique. De ce fait, observer un effet de compatibilité syllabique uniquement avec les cibles fréquentes serait évidemment en faveur d'un effet facilitateur ou, du moins, ne serait pas inhibiteur.

Dans les travaux d'Álvarez et al. (2000 ; 2001) ou Conrad et Jacobs (2004), les syllabes initiales fréquentes ralentissaient le traitement des mots écrits alors que les syllabes initiales peu fréquentes favorisaient ces traitements. Cet effet inhibiteur devrait être interprété en termes de compétition lexicale. En effet, selon cette conception, plus la syllabe est fréquente, plus la quantité de mots activée est élevée, ce qui rendrait la prise de décision plus longue. Il pourrait également

s'agir d'un effet de voisinage syllabique, c'est-à-dire que les mots comportant une syllabe fréquente ont de nombreux voisins syllabiques qui seraient activés simultanément et engendreraient un effet inhibiteur. Toutefois, cet effet ne se retrouve pas en production de parole. Les mots contenant une syllabe initiale fréquente sont plus rapidement articulés que les mots initialement composés de syllabes peu fréquentes (e.g., Carreiras & Perea, 2004), ce qui reste compatible avec les données de Levelt et Wheeldon (1994). C'est à partir de ces derniers auteurs que nous préférons faire une analogie pour proposer un cadre interprétatif de nos résultats. Levelt et Wheeldon (1994) ont fait l'hypothèse, dans le cadre de la production de parole, de l'existence d'un syllabaire mental dans lequel seraient stockées les syllabes fréquentes en vue d'une récupération rapide des mouvements bucco-phonatoires plutôt que de devoir reconstituer « on-line » les représentations syllabiques. Selon notre point de vue, pendant l'apprentissage de la lecture, le nombre de candidats lexicaux est insuffisant pour conduire à des effets de compétition aussi marqués que chez l'adulte. En revanche, la répétition des expositions aux régularités syllabiques à l'oral et implicitement mémorisées vont être progressivement mises en relation avec des correspondants écrits (CGP). Cela va permettre un appariement plus efficace pour les structures syllabiques fréquemment rencontrées et sollicitées. Inversement, les syllabes peu fréquentes nécessiteraient un temps de décomposition en unités plus élémentaires – les phonèmes – via les CGP.

La sensibilité accrue aux syllabes fréquentes pourrait être envisagée comme la conséquence d'un accès facilité à un répertoire spécifique, remplissant le même rôle en production de parole que le syllabaire mental. Un syllabaire mental dédié aux traitements écrits pourrait être créé pendant l'apprentissage de la lecture pour disposer d'un stock préétabli de syllabes-types – les plus fréquentes – rencontrées lors de l'apprentissage des CGP et qui aurait été confronté aux connaissances implicites développées au contact de l'oral. Ce lexique syllabique éviterait les contraintes perpétuelles de recours aux CGP et des irrégularités en français mais ne serait que progressivement construit. Cela serait sensé rendre compte de cette sensibilité à la fréquence syllabique et de la différenciation des traitements mis en place entre syllabes fréquentes et peu fréquentes.

Nous constatons que l'effet de compatibilité syllabique se manifeste tout au long de l'apprentissage de la lecture, notamment avec les cibles fréquentes. Cependant, l'effet de longueur de cible relevé au CP et au CE₂ dans le traitement des cibles peu fréquentes permet de suggérer une évolution dans les unités infralexicales traitées par ces enfants, compatible avec le modèle à « Double Fondation » de Seymour (1997) parce qu'il est le seul à proposer un développement allant de petites unités vers de grandes unités. Après une étape basée sur le recours systématique au code grapho-phonémique en début d'apprentissage (voir les résultats obtenus en février, au CP,

dans les travaux de Colé et al. (1999)), les enfants seraient capables de passer d'un traitement reposant sur des petites unités (e.g., phonème et/ou graphème) à un traitement intermédiaire avec le mot focalisant sur des unités plus larges (e.g., rime et/ou syllabe). Cette évolution serait mue par une capacité de décentration de l'attention visant à l'accélération des traitements de l'écrit. En effet, l'automatisation progressive des traitements est une part intégrante de l'apprentissage de la lecture en vue de la mise en place des mécanismes experts de lecture. Cependant, cette modification ne serait pas abrupte. Elle pourrait se réaliser par étape, selon le rythme d'acquisition des connaissances, et en fonction du degré d'exposition à l'écrit.

Bien que n'ayant pas satisfait toutes nos prédictions, les données recueillies permettent de déduire une certaine dynamique développementale dans l'apprentissage de la lecture, compatible avec les prédictions de Colé et al. (1999) ou encore de Bastien-Toniazzo et al. (1999). Selon nos résultats et des interprétations que nous en avons données, il semble que l'effet de compatibilité syllabique ne se manifeste pas uniquement en fonction du niveau scolaire mais expressément et majoritairement selon la fréquence des syllabes. Dans le parcours développemental que nous avons pu présenter, la fréquence syllabique occuperait une place prépondérante pour l'accès au lexique mental et ne jouerait pas un rôle inhibiteur, contrairement à ce qui est avancé chez le lecteur expert. Cependant, le rôle de la fréquence lexicale n'est pas exclu, il ne serait que secondaire et concomitant au développement des stratégies phonologiques dépendantes de la fréquence syllabique.

CHAPITRE 9

– Traitement syllabique & rôle des traits linguistiques chez l’adulte –

1. Tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots auprès d’adultes normo-lecteurs

1.1. Introduction

Lors de cette expérience, nous recherchons à déterminer l’implication des unités phonologiques syllabiques et l’influence de la sonorité aux frontières syllabiques dans le traitement visuel de pseudomots auprès d’adultes normo-lecteurs. Nous visons également à enrichir les résultats exposés par Fabre et Bedoin (2003) en modalité visuelle et ceux exposés par Content et al. (2001a) en modalité auditive.

1.2. Rappel de la problématique

Cette expérience propose de répondre à deux questions : – les sujets adultes français s’appuient-ils sur la syllabe phonologique pour traiter des pseudomots en lecture silencieuse ? – le profil de sonorité optimal (i.e., coda sonore – attaque obstruente) est-il un facteur déterminant dans le recours aux unités syllabiques ?

1.3. Méthode

1.3.1. Participants

Vingt étudiants volontaires de l’Université Lyon 2 (France) ont été testés au cours de cette expérience (âge moyen = 22 ans et 4 mois, σ : 37.6). Il y avait deux hommes et dix-huit femmes. L’ensemble des sujets était droitier (score moyen au test de latéralité d’Edinburgh (Oldfield, 1971) = .90). Ils étaient de langue maternelle française, sans problème de vue (ou portant un dispositif de correction, e.g., lunettes, lentilles...) et sans aucun déficit auditif.

1.3.2. Stimuli

Les items expérimentaux comportaient vingt-quatre pseudomots de structure syllabique initiale CVC (i.e., consonne-voyelle-consonne), utilisés chacun à deux reprises dans deux conditions expérimentales différentes: 'identique' et 'délétion'. Tous les stimuli étaient standardisés; il s'agit exclusivement de pseudomots bisyllabiques de sept lettres dont les correspondances graphème-phonème étaient transparentes (i.e., régulières) (Annexes C). Les consonnes intervocaliques étaient soit sonores (e.g., 'l', /l/ ou 'r', /r/) soit obstruantes (e.g., 't', /t/ ou 'c', /k/). Tous les clusters consonantiques étaient considérés comme illégaux en début de mots français. La fréquence écrite des huit clusters consonantiques a été contrôlée : 'lr' (0), 'rl' (54), 'lp' (30), 'ld' (15), 'ct' (394), 'pt' (143), 'dl' (0), 'tl' (4) (Content et al., 1990). Dans la condition 'identique', les vingt-quatre stimuli ont été subdivisés en quatre catégories expérimentales de deux facteurs (i.e., sonorité coda, sonorité attaque), chacun à deux modalités (i.e., sonore, obstruente). Dans la condition 'délétion', les vingt-quatre mêmes stimuli avaient été répartis en huit conditions expérimentales par l'ajout du facteur 'type délétion' à deux modalités (i.e., délétion coda, délétion attaque). Ainsi, les sujets rencontraient toutes les conditions expérimentales (Tableau 3).

Tableau 3. Exemples de l'ensemble des conditions expérimentales pour la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots.

		Condition 'identique'	
		Coda Sonore	Coda Obstruente
Attaque Sonore	DALRITE	TADLITE	
Attaque Obstruente	TOLPUDE	BICTADE	

		Condition 'délétion'			
		Coda Sonore		Coda Obstruente	
		Délétion Coda	Délétion Attaque	Délétion Coda	Délétion Attaque
Attaque Sonore	DALRITE → DARITE	DALRITE → DALITE	TADLITE → TALITE	TADLITE → TADITE	
Attaque Obstruente	TOLPUDE → TOPUDE	TOLPUDE → TOLUDE	BICTADE → BITADE	BICTADE → BICADE	

1.3.3. Dispositif expérimental

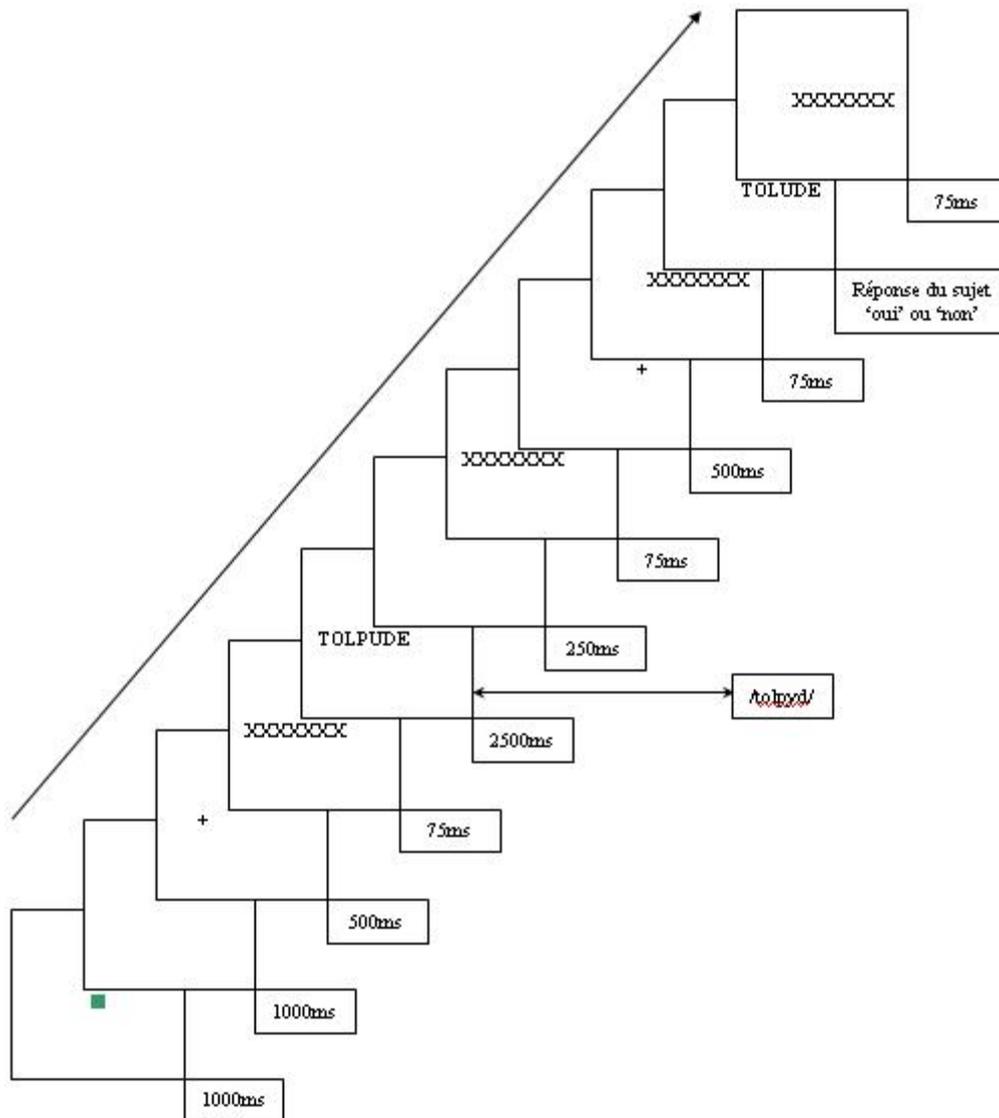
Les stimuli étaient présentés visuellement par l'intermédiaire du logiciel PsyScope 1.2.5 (Cohen et al., 1993) sur l'écran d'un ordinateur portable Macintosh PowerBook G4, version Mac OS 9.2 et administrés auditivement via un casque binaural Altec Lansing AHS 502i. Les sujets étaient placés approximativement à 57cm de l'écran. Les réponses étaient effectuées par pression sur les touches 'oui' (touche 'p', index droit) ou 'non' (touche 'a', index gauche). La disposition

des touches de réponse reflétait la préférence manuelle droite. Les réponses ainsi que les temps de réponse étaient enregistrés et sauvegardés par le logiciel.

1.3.4. Procédure

Chaque participant était testé individuellement en une session unique. La tâche se déroulait sur approximativement 15mn, durant lesquelles était intercalée une pause dont la durée était à l'appréciation du sujet. Chaque stimulus était présenté en police 'Arial', taille '48' sur un écran blanc. Les pseudomots visuels étaient toujours présentés en majuscule. Les pseudomots auditifs avaient été convertis au format Sound Designer II à un taux d'échantillonnage de 44100Hz en 16 bits stéréo. Ils avaient été préparés et contrôlés grâce aux logiciels Adobe Audition 1.5 et Sony SoundForge 7.0. L'expérience se déroulait comme suit (Figure 17) : un carré vert était présenté pendant 1000ms au centre de l'écran, suivi par un écran blanc de 1000ms. Cette étape servait à avertir le participant du début d'une nouvelle séquence. Immédiatement après l'écran blanc, un point de fixation (i.e., '+') apparaissait dans l'hémi-champ gauche, centré verticalement, pendant 500ms et disparaissait avant qu'un masque de 75ms (i.e., XXXXXXXX) ne le remplace. Le pseudomot-cible visuel (e.g., TOLPUDE) remplaçait alors le masque pour une durée de 2500ms. Simultanément à l'apparition du pseudomot-cible visuel, le pseudomot-cible auditif débutait et durait, en moyenne, 500ms. Il est important de noter que le pseudomot-cible visuel et le pseudomot-cible auditif étaient toujours concordants (e.g., TOLPUDE et /tOlpyd/). De plus, le pseudomot-cible auditif n'était joué qu'à une seule reprise. Après les 2500ms de délai, un écran blanc de 250ms précédait l'apparition du masque de 75ms puis le point de fixation verticalement centré s'affichait dans l'hémi-champ droit pendant 500ms. Lorsque le point de fixation disparaissait, un autre masque de 75ms était présenté avant le pseudomot-test, qui restait à l'écran jusqu'à ce que le sujet réponde. Dès que le participant avait répondu, le pseudomot-test s'effaçait et était remplacé par un masque de 75ms avant que la séquence suivante ne démarre 100ms plus tard, par la présentation du carré vert centré. Les instructions données aux sujets étaient de répondre le plus vite et le plus précisément possible si oui ou non le pseudomot-test était identique aux stimuli visuel et auditif précédemment rencontrés (Annexes D). Toutes les réponses 'oui' et 'non' étaient contrebalancées dans chaque liste expérimentale, réparties en deux blocs expérimentaux séparés d'une pause. Avant le début de chaque session, les sujets étaient entraînés sur une liste contenant quatre séquences représentatives du contenu de l'expérience et leurs réponses renseignées par un feedback positif (i.e., rond vert) ou négatif (i.e., rond rouge).

Figure 17. Protocole expérimental de la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots.



1.4. Hypothèses générale et opérationnelles

L'hypothèse générale était la suivante :

- La syllabe est une unité phonologique utilisée par le lecteur adulte expert, modulée par les règles phonotactiques et notamment le profil de sonorité à la frontière syllabique.

Nous avons ainsi défendu deux hypothèses opérationnelles :

Hypothèses opérationnelle 2a : Chez les adultes, nous postulons que le profil de sonorité 'coda sonore – attaque obstruente' permet de traiter plus efficacement la segmentation à la frontière syllabique car il respecte, d'une part, les règles phonotactiques du français et d'autre part, l'optimalité de la courbe de sonorité entre deux segments adjacents.

Hypothèse opérationnelle 2b : Chez les adultes, nous défendons l'hypothèse d'une détection plus rapide en condition 'délétion' de la suppression de l'attaque comparativement à la suppression de la coda. En effet, la délétion de l'attaque induit une procédure de resyllabification (i.e., la reconstruction d'une frontière syllabique cohérente en déplaçant la coda en position d'attaque) tandis que la délétion de la coda préserve la syllabification et ne nécessite qu'un traitement sériel lettre à lettre. Or, nous prédisons que la syllabe est une unité phonologique prépondérante chez l'adulte et qu'il recourt à une procédure grapho-syllabique pour traiter les mots rares et les pseudomots.

1.5. Résultats

1.5.1. Introduction

Plusieurs analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été distinctement conduites. L'une a été menée pour la condition 'identique', sur deux facteurs intra-sujets chacun à deux modalités :

- Sonorité de la Coda (sonore et obstruente) et Sonorité de l'Attaque (sonore et obstruente).

L'autre a été réalisée pour la condition 'délétion' sur trois facteurs intra-sujets chacun à deux modalités :

- Sonorité de la Coda (sonore et obstruente), Sonorité de l'Attaque (sonore et obstruente) et Type de Délétion (coda et attaque).

Les analyses ont retenu comme variables aléatoires les sujets ($F1$) et les stimuli ($F2$).

Les plans expérimentaux généraux de cette expérience sont les suivants :

- pour $F1$, en condition 'identique', $S_{20} * C_2 * A_2$ et pour $F2$, en condition 'identique', $I_{12} < C_2 * A_2 >$.
- pour $F1$, en condition 'délétion', $S_{20} * C_2 * A_2 * D_2$ et pour $F2$, en condition 'délétion', $I_6 < C_2 * A_2 > * D_2$ ²⁶.

Seuls les temps de réponse corrects ont été retenus lors des analyses. Toutefois, les temps de réponse corrects qui ont été standardisés ont été considérés comme des erreurs (trimming d'environ 2.4% des données). Aucune analyse statistique n'a été menée sur les erreurs (environ 3.4% des données). Les données descriptives sont résumées dans le Tableau 4 et le Tableau 5.

²⁶ Sonorité de la Coda = C ; Sonorité de l'Attaque = A ; Type de Délétion = D ; S = Sujet et I = Item.

Tableau 4. Récapitulatif descriptif de la condition 'délétion'.

	Coda Sonore				Coda Obstruente			
	Attaque Sonore		Attaque Obstruente		Attaque Sonore		Attaque Obstruente	
	Délétion Coda (darite)	Délétion Attaque (dalite)	Délétion Coda (topude)	Délétion Attaque (tolude)	Délétion Coda (dalore)	Délétion Attaque (datore)	Délétion Coda (topude)	Délétion Attaque (tocude)
TR moyens (ms)	659	669	615	679	654	693	671	692
Err. Std.	14	11	13	17	14	18	15	14
% Err.	2.5	1.7	7.5	5.8	0.8	4.2	3.3	2.5

Tableau 5. Récapitulatif descriptif de la condition 'identique'.

	Coda Sonore		Coda Obstruente	
	Attaque Sonore (dalrite)	Attaque Obstruente (tolpude)	Attaque Sonore (datlore)	Attaque Obstruente (tocpude)
TR moyens (ms)	656	594	671	647
Err. Std.	14	15	18	13
% Err.	3.3	3.8	4.6	1.3

1.5.2. Analyse de la condition 'identique'

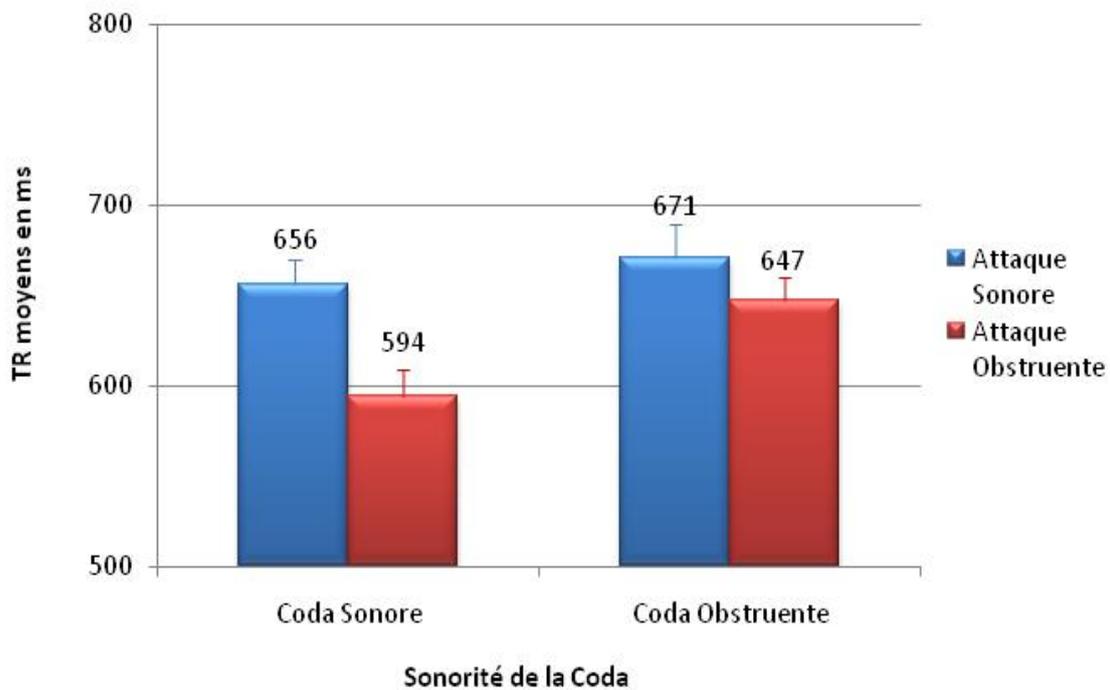
L'ANOVA conduite sur les temps de réponse met en évidence deux effets principaux significatifs :

- Sonorité de la Coda [$F_{1(1, 19)} = 42.36, p < .0001, \eta^2 = 0.69, F_{2(1, 44)} = 11.43, p = .002, \eta^2 = 0.21$], et
- Sonorité de l'Attaque [$F_{1(1, 19)} = 28.49, p < .0001, \eta^2 = 0.60, F_{2(1, 44)} = 16.60, p = .0002, \eta^2 = 0.27$].

Indépendamment, ces résultats montrent que les codas sonores (625ms) engendrent des temps de réponse plus courts que les codas obstruents (650ms) et que les attaques obstruents (621ms) sont plus rapidement détectées que les attaques sonores (664ms).

Enfin, l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque ressort significative [$F_{1(1, 19)} = 4.94, p = .04, \eta^2 = 0.21, F_{2(1, 44)} = 3.14, p = .08, \eta^2 = 0.07$]. L'analyse de contrastes effectuée sur ce dernier effet mentionné indique que les sujets répondent significativement plus vite lorsque la coda est sonore et l'attaque obstruente, comparée aux trois autres conditions [$F_{(1, 19)} = 40.44, p < .0001$] (Figure 18).

Figure 18. Temps de réponse moyens (en ms) dans la condition 'identique' pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque chez les adultes.



1.5.3. Analyse de la condition 'délétion'

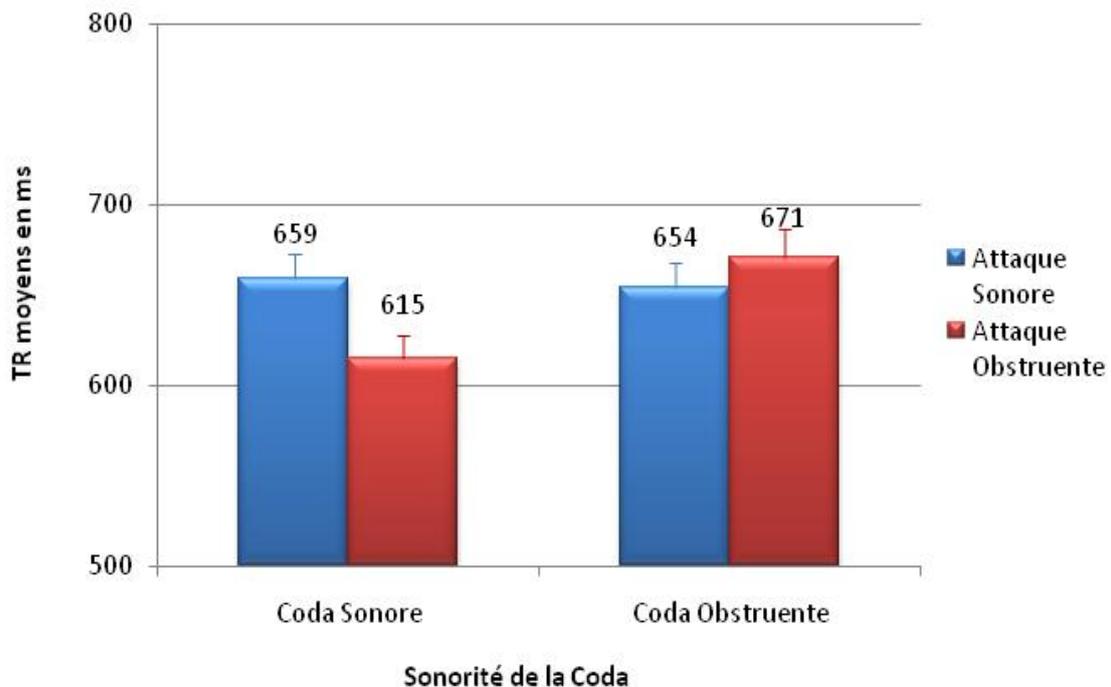
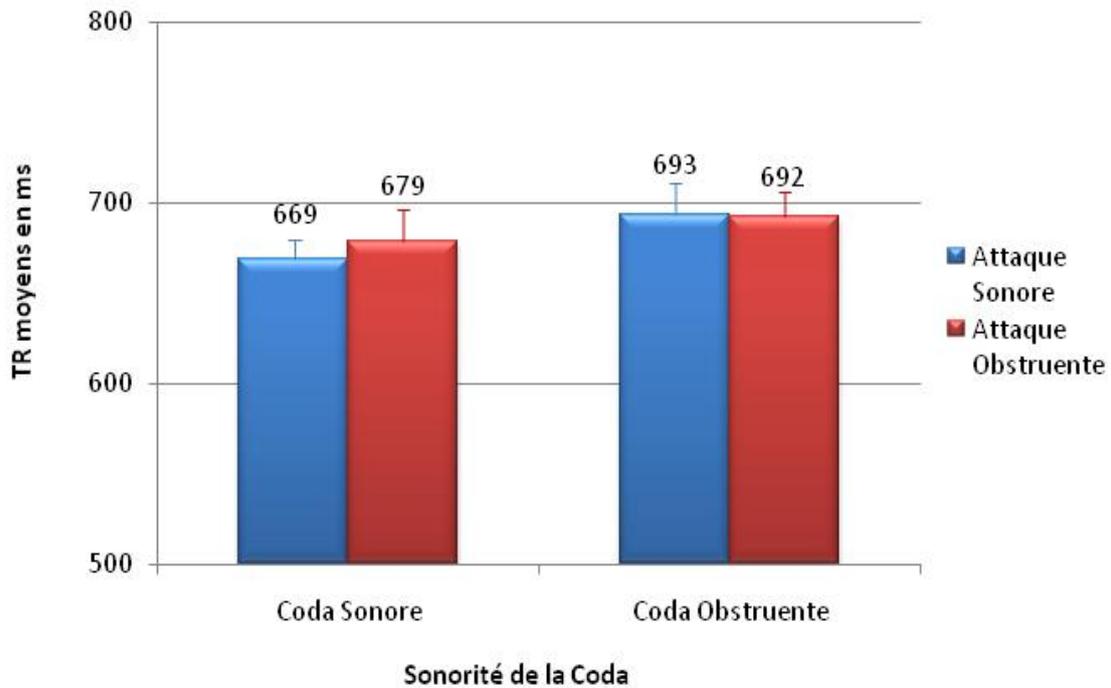
L'ANOVA menée sur les temps de réponse révèle deux effets principaux significatifs :

- Sonorité de la Coda [$F_{1(1, 19)} = 8.57, p = .009, \eta^2 = 0.31, F_{2(1, 40)} = 10.30, p = .003, \eta^2 = 0.21$], et
- Type de Délétion [$F_{1(1, 19)} = 22.62, p = .0001, \eta^2 = 0.54, F_{2(1, 40)} = 26.05, p < .0001, \eta^2 = 0.39$].

Ces effets témoignent que les temps de réponse sont plus courts pour les codas sonores (656ms) que pour les codas obstruents (677ms) ; les participants sont aussi facilités lorsque la délétion porte sur la coda (650ms) plutôt que sur l'attaque (683ms).

Finalement, une interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque*Type de Délétion significative émerge [$F_{1(1, 19)} = 5.26, p = .03, \eta^2 = 0.22, F_{2(1, 40)} = 7.13, p = .01, \eta^2 = 0.15$]. Cette double interaction nous autorise à nous intéresser à l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque en fonction de la 'délétion de la coda' et de la 'délétion de l'attaque' (Figure 19). Cependant, l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque n'atteint le seuil statistique de significativité que pour la 'délétion de la coda' [$F_{1(1, 19)} = 7.71, p = .01, \eta^2 = 0.29, F_{2(1, 20)} = 8.73, p = .008, \eta^2 = 0.30$].

Figure 19. Temps de réponse moyens (en ms) dans la condition 'délétion' pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque, spécifiquement avec la condition 'délétion de l'attaque' (graphique supérieur) et la condition 'délétion de la coda' (graphique inférieur) chez les adultes.



1.6. Discussion

Pour cette expérience, nous avons employé un paradigme de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots auprès d'adultes normo-lecteurs français. Nous avons manipulé la sonorité et le statut des consonnes intervocaliques. Cette étude visait à étudier le format de l'unité contactée en lecture silencieuse. Nous avons testé l'hypothèse d'un codage phonologique basé sur la syllabe mis en relief par des performances accrues dans le cas d'une resyllabification par rapport à la préservation de la syllabification. Enfin, il s'agissait de déterminer si l'utilisation de la syllabe était contrainte par les règles phonotactiques et les profils de sonorité aux frontières syllabiques.

Que ce soit dans la condition 'identique' ou 'délétion', les résultats montrent que les codas sonores sont plus rapidement détectées que les codas obstruentes. Cette donnée, bien que non explicitement prédite, demeure compatible avec les statistiques disponibles sur les cooccurrences du français : la majorité des mots comporte généralement des attaques de faible sonorité mais des codas de sonorité élevée (Blevins, 1995) et 76.4% des mots dont la structure syllabique initiale est CVC incluent une coda sonore (Content et al., 1990 ; Wioland, 1985). Les données linguistiques fournies par Blevins (1995) sont d'ailleurs renforcées par nos résultats en condition 'identique' dans laquelle nous avons observé que les attaques obstruentes étaient globalement mieux traitées que les attaques sonores.

En revanche, en condition 'délétion', nous ne validons pas pleinement notre hypothèse de départ. Alors que nous nous attendions à des temps de réponse plus courts lorsque la délétion portait sur l'attaque, les résultats montrent un pattern inverse : la délétion des codas engendre des temps de réponse plus brefs que la délétion des attaques. À première vue, ce résultat pourrait venir remettre en cause l'utilisation de la syllabe en lecture silencieuse. En effet, la délétion de la coda qui préserve la syllabification est mieux traitée que la délétion de l'attaque qui favorise le recours à une stratégie syllabique de resyllabification. Cependant, la significativité de l'interaction entre la sonorité de la coda, la sonorité de l'attaque et le type de délétion permet de lever certaines ambiguïtés et d'envisager des interprétations alternatives compatibles avec l'utilisation de la syllabe.

Il apparaît que la délétion des codas sonores, lorsque les attaques sont obstruentes, entraîne de meilleures performances comparativement aux trois autres conditions expérimentales. Ce résultat peut être partiellement relié aux données obtenues chez des enfants par Sprenger-Charolles et Siegel (1997). Dans leur étude, les enfants supprimaient plus aisément les consonnes sonores, indifféremment de leur statut. Selon Clements (1990), l'omission des consonnes serait dépendante des propriétés phonétiques des consonnes. Plus spécifiquement, une consonne serait

plus volontiers omise d'autant plus qu'elle est proche de la voyelle précédente en termes de sonorité parce que la cohésion serait plus élevée au sein de la rime entre une voyelle, de sonorité élevée, et une consonne sonore. Ainsi, lorsque les adultes ont été confrontés à la déletion des codas sonores au sein du profil optimal de sonorité (i.e., coda sonore – attaque obstruente), il se pourrait que cela ait engendré une simplification syllabique sans que la cohésion intervocalique ne soit perdue. De plus, la simplification en une structure initiale CV suivie d'une attaque obstruente respecte, d'une part, le profil de sonorité optimal – voire même l'accroît puisque les voyelles sont les éléments les plus sonores de la langue – et, d'autre part, renvoie les traitements à effectuer par des adultes à une structure prototypique idéale et universelle de la syllabe (Clements & Keyser, 1983). D'ailleurs, en français, la majeure partie des structures syllabiques est ouverte (76% vs. 24% de structures fermées). La réduction d'une structure syllabique complexe (i.e., CVC) à une structure syllabique simple (i.e., CV) attesterait d'une sensibilité aux structures linguistiques optimales au niveau acoustico-phonétique. Ces constats sont enfin conformes aux résultats des travaux de Bastien-Toniazzo et al. (1999), Sprenger-Charolles et Siegel (1997) ou de Marouby-Terriou et Denhière (2002) chez des enfants français ou aux résultats des études de Treiman (1992) chez des enfants anglais ; il existe une prééminence perceptive de la structure canonique CV sur les structures syllabiques plus complexes.

Bien que nous n'ayons pas pu mettre en évidence l'avantage d'une stratégie de resyllabification sensée soutenir l'hypothèse d'un codage phonologique syllabique, il n'est pas à exclure l'intervention possible d'un codage phonologique syllabique plus « subtil ». Si l'hypothèse d'un traitement séquentiel gauche-droite semble apparaître comme plus plausible et surtout, plus conforme aux simulations du modèle DRC (Coltheart et al., 2001) dans le traitement des pseudomots et des mots rares, il faut envisager que les adultes auraient pu mieux encoder les trigrammes comportant des codas sonores sous forme d'une entité plus large telle que la syllabe. Cette interprétation, très ouverte, pourrait également rendre compte de l'absence de « perception » dans la déletion des codas sonores.

Enfin, dans la condition 'identique', nous confirmons notre prédiction concernant un effet facilitateur dans les traitements mis en œuvre par les adultes en lecture silencieuse pour le profil de sonorité optimal 'coda sonore – attaque obstruente'. Cette observation nous renseigne plus indirectement sur le recours aux unités syllabiques qu'en condition 'déletion' et sur la mise en place des stratégies de syllabification. Le fait que les adultes perçoivent plus efficacement un profil de sonorité optimal par rapport aux autres indique qu'ils se sont appuyés sur les informations acoustico-phonétiques disponibles à la frontière syllabique. L'effet engendré par le profil 'coda sonore – attaque obstruente' exprime clairement que le point de segmentation repose préférentiellement sur un pattern de sonorité intervocalique idéal qui permettrait de distinguer

deux syllabes consécutives dans la mesure où la variation de sonorité est un indice suffisamment pertinent pour déclencher un processus de segmentation efficace.

Les résultats obtenus dans cette tâche renforcent le fait que la syllabe phonologique dispose d’un statut particulier chez l’adulte normo-lecteur français. À défaut de pouvoir franchement défendre le rôle prépondérant de la syllabe causé par un pattern de réponse contradictoire avec nos prédictions, nous avons tout de même pu constater que son utilisation serait fortement contrainte par des caractéristiques acoustico-phonétiques fines. Le fait incontestable est que ces caractéristiques ne sont pas restreintes aux traitements de la parole mais sont impliquées, au moins chez le lecteur habile, lors des traitements écrits. Par ailleurs, nous avons prouvé que même si l’implication de la syllabe est ambiguë et contrainte, le traitement des pseudomots peut être élargi à une perspective plus large et parallèle (i.e., englobant plusieurs phonèmes) qu’un simple traitement sériel lettre à lettre, dès lors que des traits linguistiques pertinents sont enchâssés dans ce type de stimuli.

2. Tâche d'identification perceptive auprès des adultes normo-lecteurs

2.1. Introduction

Dans cette expérience, nous étudions l'implication des unités phonologiques syllabiques dans une tâche d'identification perceptive inspirée du paradigme des conjonctions illusoires (e.g., Prinzmetal et al., 1986). Nous cherchons également à valider l'influence de la sonorité aux frontières syllabiques et l'importance des règles phonotactiques en nous attachant à déterminer le statut des consonnes du groupe intervocalique à la frontière syllabique.

2.2. Rappel de la problématique

Cette expérience est sous-tendue par trois questions : – les sujets adultes français s'appuient-ils sur la syllabe phonologique en reconnaissance visuo-perceptive de pseudomots ? – le profil de sonorité optimal (i.e., coda sonore – attaque obstruente) est-il un facteur déterminant dans le recours aux unités syllabiques ? – le statut de la consonne intervocalique est-il un indice pertinent de segmentation ?

2.3. Méthode

2.3.1. Participants

Vingt-cinq étudiants volontaires de l'Université Lyon 2 (France), différents de l'expérience précédente, ont participé à cette expérience (âge moyen = 21 ans et 0 mois, σ : 15.2). Il y avait cinq hommes et vingt femmes. Tous les participants étaient droitiers (score moyen au test de latéralité d'Edinburgh (Oldfield, 1971) = .87), de langue maternelle française et n'avaient aucun problème de vue ou bien portaient un dispositif de correction (e.g., lunettes, lentilles...).

2.3.2. Stimuli

Les stimuli utilisés étaient identiques à ceux retenus dans la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle (cf. Chapitre 9, Partie 1.3.2.). Cependant, ils ont été utilisés à deux reprises dans deux conditions expérimentales différentes : 'compatibilité syllabe-couleur' et 'incompatibilité syllabe-couleur'. Aussi bien dans la condition 'compatibilité syllabe-couleur' que dans la condition 'incompatibilité syllabe-couleur', les vingt-quatre pseudomots étaient manipulés selon trois facteurs, chacun à deux modalités (i.e., sonorité coda (i.e., sonore, obstruente), sonorité attaque (i.e., sonore, obstruente) et type de détection (i.e., coda, attaque)) (Tableau 6). Dans la

condition ‘compatibilité syllabe-couleur’, les pseudomots étaient découpés en respectant la syllabification naturelle à la frontière syllabique (e.g., TOL.PUDE) afin d’attribuer une couleur différente (i.e., rouge ou bleue) à chaque segment obtenu (e.g., TOL.PUDE) sans que jamais les deux segments aient la même couleur. Dans la condition ‘incompatibilité syllabe-couleur’, les pseudomots étaient découpés soit avant (e.g., TO.LPUDE) soit après la frontière syllabique naturelle (e.g., TOLP.UDE). Dans les deux conditions expérimentales, soit la coda, soit l’attaque était présentée comme lettre-cible. La lettre-cible était systématiquement positionnée à la frontière du découpage coloré (e.g., L pour TOLPUDE, P pour TOLPUDE ou encore L pour TOLPUDE). Deux listes expérimentales avaient été créées. Par exemple, le pseudomot ‘BICTADE’ était découpé ‘BIC.TADE’ dans la liste 1 et ‘BIC.TADE’ dans la liste 2. Cette distribution ‘couleur-syllabe’ était appliquée pour tous les pseudomots, quelle que soit la condition expérimentale. Cependant, les participants ne voyaient qu’une seule liste.

Tableau 6. Exemples de l’ensemble des conditions expérimentales pour le paradigme des conjonctions illusoires.

Exemples pour les conditions compatibilité et incompatibilité ‘syllabe-couleur’					
		Coda Sonore		Coda Obstruente	
		Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque
Attaque Sonore		‘L’ dans DALRITE et DALRITE	‘R’ dans DALRITE et DALRITE	‘D’ dans TADLITE et TADLITE	‘L’ dans TADLITE et TADLITE
Attaque Obstruente		‘L’ dans TOLPUDE et TOLPUDE	‘P’ TOLPUDE et TOLPUDE	‘C’ dans BICTADE et BICTADE	‘T’ dans BICTADE et BICTADE

2.3.3. Dispositif expérimental

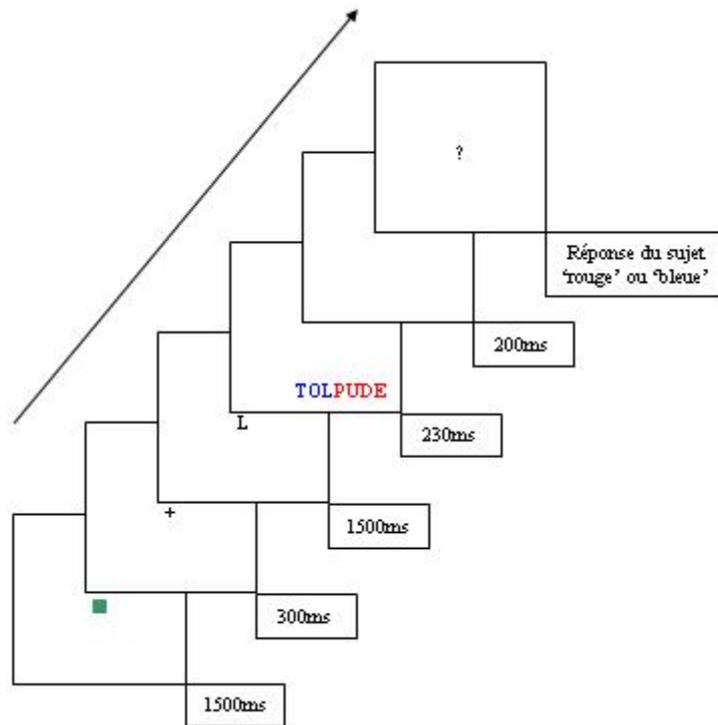
Le dispositif expérimental était identique à celui décrit pour la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle (cf. Chapitre 9, Partie 1.3.3.), mais sans présentation auditive simultanée des stimuli.

2.3.4. Procédure

Chaque participant était testé individuellement en une session unique. La tâche se déroulait sur approximativement 15mn, durant lesquelles était intercalée une pause dont la durée était à l’appréciation du sujet. Chaque stimulus était présenté en police ‘Arial’, taille ‘48’ sur un écran blanc. Les lettres-cibles et les pseudomots-tests étaient toujours présentés en majuscule. L’expérience se déroulait comme suit (Figure 20) : un carré vert était affiché pendant 1500ms au centre de l’écran puis remplacé par un point de fixation (i.e., ‘+’) pendant 300ms. Immédiatement après sa disparition, une lettre-cible (e.g., ‘L’) de couleur noire apparaissait au centre de l’écran

pendant 1500ms. Après sa disparition, un pseudomot-test (e.g., TOLPUDE) était flashé durant 230ms dans l’un des quatre angles de l’écran. L’association entre le pseudomot-test et le coin d’affichage de celui-ci avait été préalablement contrôlée. Le pseudomot-test était alors suivi d’un écran blanc pendant 200ms puis d’un point d’interrogation (i.e., ‘?’) sensé rester à l’écran jusqu’à la réponse du sujet. Il est important de préciser que la lettre-cible était systématiquement présente dans le pseudomot-test subséquent. Dès que le participant avait répondu, le point d’interrogation s’effaçait et une nouvelle séquence débutait 100ms plus tard, par la présentation du carré vert centré. Les consignes données aux sujets étaient de donner le plus vite et le plus précisément possible la couleur de la lettre-cible dans le pseudomot-test flashé dans l’un des quatre angles (Annexes E). Toutes les réponses ‘rouge’ et ‘bleu’ avaient été contrebalancées dans chaque bloc expérimental (au nombre de deux) et dans chacun desquels les pseudomots étaient présentés séquentiellement selon l’ordre prédéfini par l’expérimentateur. Avant le début de chaque session, les sujets étaient entraînés sur une liste contenant quatre séquences représentatives du contenu de l’expérience.

Figure 20. Protocole expérimental du paradigme des conjonctions illusoires.



2.4. Hypothèses générale et opérationnelles

L'hypothèse générale était la suivante :

- La syllabe est une unité phonologique utilisée par le lecteur adulte expert, modulée par les règles phonotactiques et notamment le profil de sonorité à la frontière syllabique.

Nous avons ainsi pu postuler deux hypothèses opérationnelles :

Hypothèse opérationnelle 3a : Chez les adultes, nous postulons que le profil de sonorité 'coda sonore – attaque obstruente' permet de traiter plus efficacement la segmentation à la frontière syllabique, en particulier dans la condition 'compatibilité syllabe-couleur', car il respecte d'une part, les règles phonotactiques du français et d'autre part, l'optimalité de la courbe de sonorité entre deux segments adjacents.

Hypothèse opérationnelle 3b : Chez les adultes, nous prédisons que la condition 'compatibilité syllabe-couleur' sera mieux perçue (i.e., temps de réponse et nombre d'erreurs) que la condition 'incompatibilité syllabe-couleur' dans la mesure où les adultes s'appuient sur la syllabe phonologique pour segmenter les mots et les pseudomots.

2.5. Résultats

2.5.1. Introduction

Plusieurs analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été réalisées. L'une des analyses a été menée sur les deux conditions expérimentales réunies, sur quatre facteurs intra-sujets, chacun à deux modalités :

- Recouvrement (compatibilité et incompatibilité), Sonorité de la Coda (sonore et obstruente), Sonorité de l'Attaque (sonore et obstruente) et Type de Détection (coda et attaque).

Deux autres analyses ont été conduites indépendamment pour les conditions 'compatibilité' et 'incompatibilité'. Les analyses ont pris en compte comme variables aléatoires les sujets (F1) et les stimuli (F2).

Les plans expérimentaux généraux de cette expérience sont les suivants :

- Pour F1 et F2, globalement : $S_{25} * R_2 * C_2 * A_2 * D_2$ et $I_6 < C_2 * A_2 * D_2 > * R_2$ ²⁷.

Seuls les temps de réponse corrects ont été retenus lors des analyses. En revanche, les temps de réponse corrects qui ont été standardisés (trimming d'environ 2.2% des données) ont été considérés comme des erreurs. Aucune analyse statistique n'a ainsi été menée sur les erreurs compte tenu du trop faible nombre d'erreurs (environ 6.5% des données). Les données descriptives sont résumées dans le Tableau 7 et le Tableau 8.

Tableau 7. Récapitulatif descriptif pour la condition 'compatibilité syllabe-couleur'.

	Coda Sonore				Coda Obstruente			
	Attaque Sonore		Attaque Obstruente		Attaque Sonore		Attaque Obstruente	
	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque
TR moyens (ms)	596	575	530	480	584	594	619	510
Err. Std.	29	25	35	21	27	24	32	28
% Err.	6.0	4.7	4.7	6.0	5.3	6.7	9.3	6.0

²⁷ Sonorité de la Coda = C ; Sonorité de l'Attaque = A ; Type de Détection = D ; S = Sujet et I = Item.

Tableau 8. Récapitulatif descriptif pour la condition 'incompatibilité syllabe-couleur'.

	Coda Sonore				Coda Obstruente			
	Attaque Sonore		Attaque Obstruente		Attaque Sonore		Attaque Obstruente	
	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque
TR moyens (ms)	611	598	570	538	640	619	763	591
Err. Std.	22	35	26	25	33	31	32	26
% Err.	2.7	4.7	10.0	7.3	6.7	8.7	8.7	6.0

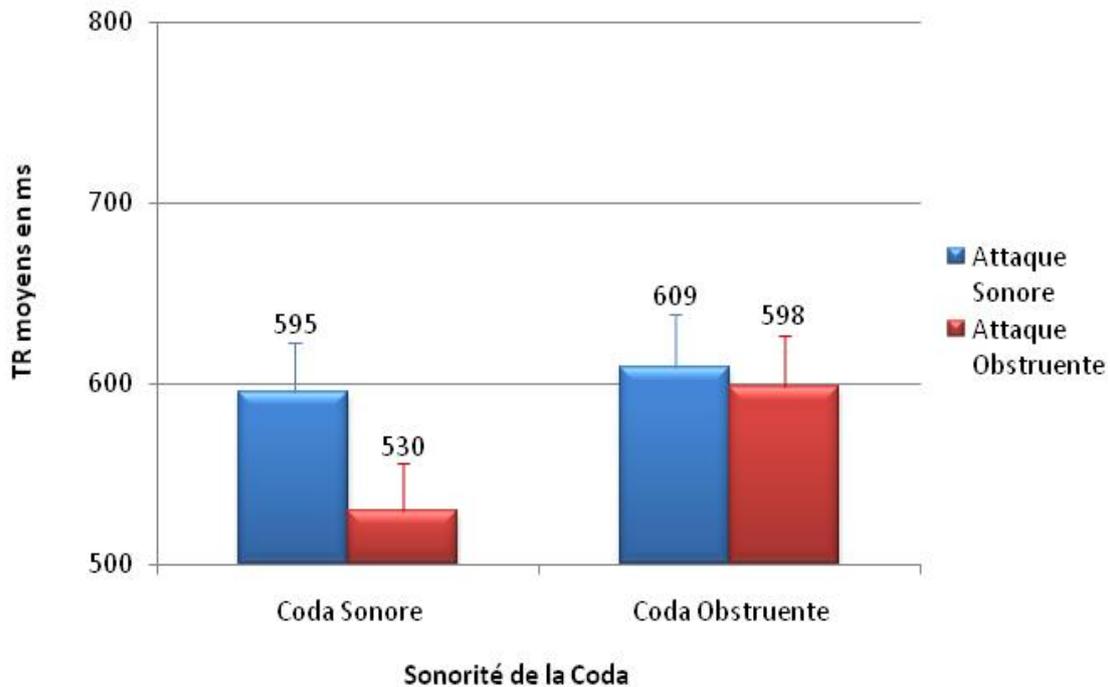
2.5.2. Analyse comparative des deux conditions expérimentales

L’ANOVA réalisée sur les temps de réponse permet de dégager un effet principal significatif du facteur :

- Recouvrement [$F_{1(1, 24)} = 36.38, p < .0001, \eta^2 = 0.60, F_{2(1, 80)} = 14.93, p = .0002, \eta^2 = 0.16$]. Tous facteurs confondus, les sujets répondent significativement plus vite pour déterminer la couleur de la lettre-cible lorsque le pseudomot-test a un découpage syllabe-couleur compatible (561ms) plutôt qu’incompatible (605ms),

Enfin, une interaction significative globale Sonorité de la Coda*Sonorité de l’Attaque est mise en évidence dans les analyses [$F_{1(1, 24)} = 17.84, p = .0003, \eta^2 = 0.43, F_{2(1, 80)} = 7.00, p = .01, \eta^2 = 0.08$]. Une analyse de contrastes montre que la significativité de l’interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l’Attaque repose sur des temps de réponse plus courts pour le profil ‘coda sonore – attaque obstruente’ comparé aux trois autres profils possibles ($F_{(1, 24)} = 26.09, p < .0001$) (Figure 21).

Figure 21. Temps de réponse moyens (en ms) pour l’interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l’Attaque, toutes conditions expérimentales confondues (i.e., compatibilité et incompatibilité) chez les adultes.



2.5.3. Analyse spécifique de la condition ‘compatible’

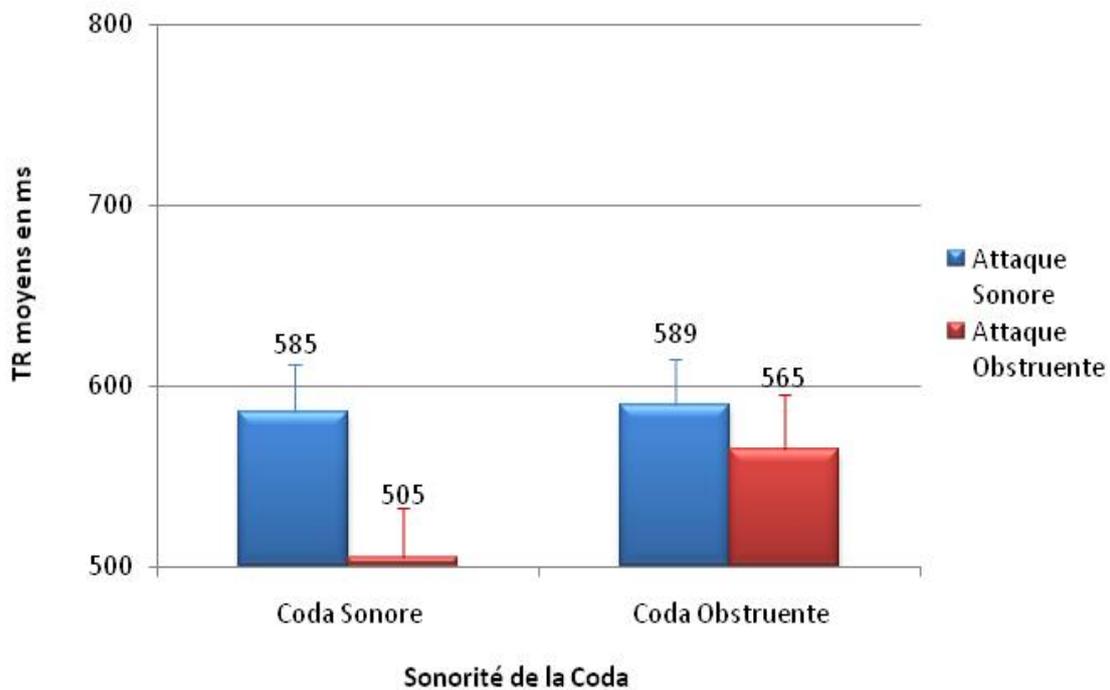
L’ANOVA menée sur les temps de réponse met en évidence trois effets principaux significatifs des facteurs :

- Type de Détection [$F_{1(1, 24)} = 10.73, p = .003, \eta^2 = 0.31, F_{2(1, 40)} = 6.50, p = .02, \eta^2 = 0.14$] ; la détection des attaques (540ms) prenait moins de temps que la détection des codas (582ms),
- Sonorité de la Coda [$F_{1(1, 24)} = 4.29, p = .05, \eta^2 = 0.15, F_{2(1, 40)} = 3.62, p = .06, \eta^2 = 0.08$] ; les codas sonores (545ms) étaient, de manière significative, plus rapidement détectées que les codas obstruents (577ms), et
- Sonorité de l’Attaque [$F_{1(1, 24)} = 22.26, p < .0001, \eta^2 = 0.48, F_{2(1, 40)} = 13.52, p = .0007, \eta^2 = 0.25$] ; les attaques obstruents (535ms) engendraient des latences de réponse plus courtes que les attaques sonores (587ms).

De plus, une interaction Sonorité de l’Attaque*Type de Détection apparaît comme significative [$F_{1(1, 24)} = 12.43, p = .002, \eta^2 = 0.34, F_{2(1, 40)} = 5.74, p = .02, \eta^2 = 0.13$]. Une analyse de contrastes détermine que la détection d’une attaque obstruente est significativement effectuée plus vite par rapport aux trois autres conditions proposées [$F_{1(1, 24)} = 28.31, p < .0001$].

Enfin, une interaction significative Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque est obtenue uniquement dans l'analyse par sujet [$F_{1(1, 24)} = 7.33, p = .01, \eta^2 = 0.24, F_2 < 2$]. Une analyse de contrastes indique que l'interaction est significative grâce à des temps de réponse plus courts pour le profil 'coda sonore – attaque obstruente' comparé aux trois autres profils possibles ($F_{(1, 24)} = 19.63, p = .0002$) (Figure 22).

Figure 22. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque, pour la condition expérimentale 'compatibilité syllabe-couleur' chez les adultes.



2.5.4. Analyse spécifique de la condition 'incompatible'

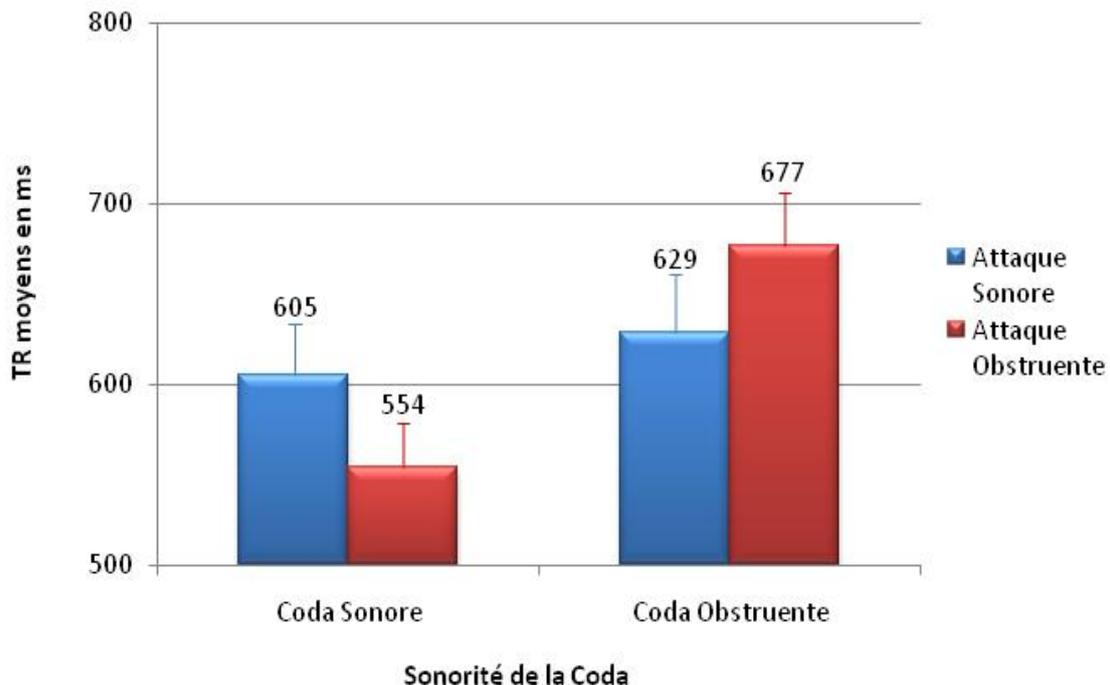
L'ANOVA conduite sur les temps de réponse montre deux effets principaux significatifs des facteurs :

- Type de Détection [$F_{1(1, 24)} = 6.55, p = .02, \eta^2 = 0.27, F_{2(1, 40)} = 4.89, p = .03, \eta^2 = 0.11$] ; la détection des attaques (587ms) prend moins de temps que la détection des codas (623ms), et
- Sonorité de la Coda [$F_{1(1, 24)} = 15.23, p = .0007, \eta^2 = 0.39, F_{2(1, 40)} = 11.70, p = .002, \eta^2 = 0.23$] ; les codas sonores (579ms) entraînent des temps de réponse plus courts que les codas obstruents (631ms).

Pour conclure, l'interaction significative Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque est mise en évidence [$F_{1(1, 24)} = 8.34, p = .008, \eta^2 = 0.26, F_{2(1, 40)} = 4.94, p = .03, \eta^2 = 0.11$]. Une analyse de contrastes statue que l'interaction provient de temps de réponse plus courts pour le

profil ‘coda sonore – attaque obstruente’ comparé aux trois autres profils possibles ($F_{(1, 24)} = 17.95, p = .0003$) (Figure 23).

Figure 23. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque, pour la condition expérimentale ‘incompatibilité syllabe-couleur’ chez les adultes.



2.6. Discussion

Dans cette expérience, nous nous sommes appuyés sur l'utilisation du paradigme des conjonctions illusoires à l'aide de pseudomots auprès d'adultes normo-lecteurs français. Nous avons manipulé la sonorité et le statut des consonnes intervocaliques ainsi que le découpage couleur-segmentation syllabique. Nous avons étudié le format de l'unité contactée en identification perceptive visuelle en testant l'hypothèse d'un codage phonologique basé sur la syllabe mis en évidence par des performances accrues dans le cas d'une compatibilité syllabe-couleur. Enfin, nous avons renforcé nos connaissances et apporté de nouveaux arguments sur le rôle des règles phonotactiques à l'écrit en étudiant la sonorité aux frontières syllabiques.

La comparaison générale des deux conditions expérimentales ‘compatibilité syllabe-couleur’ et ‘incompatibilité syllabe-couleur’ apporte immédiatement une première réponse favorable à nos hypothèses et en accord avec les résultats de Fabre et Bedoin (2003) : les temps de réponse sont globalement plus courts en condition de compatibilité qu'en condition

d'incompatibilité. Une adéquation entre l'assignation de la couleur aux segments du pseudomot et le découpage syllabique améliore les performances.

Enfin, globalement, le profil de sonorité décrit comme optimal – coda sonore – attaque obstruente – est à nouveau le profil le mieux traité et qui engendre des latences plus courtes que les autres profils. À nouveau, par le biais d'une expérience radicalement différente, nous mettons en évidence l'implication certaine des caractéristiques acoustico-phonétiques en modalité visuelle pour traiter des pseudomots. Notre précédent résultat n'est donc pas un épiphénomène isolé et restreint à une tâche particulière mais apparaît comme plus systématique et « incontournable ».

En nous intéressant spécifiquement à la condition 'compatibilité syllabe-couleur', nous trouvons des patterns de réponse décrivant un abaissement des temps de réponse pour traiter les codas sonores et les attaques obstruents respectivement en comparaison des codas obstruents et des attaques sonores. Des performances accrues lorsque la coda est sonore par rapport à une coda obstruente et dans le cas où l'attaque est obstruente par rapport à une attaque sonore restent conformes avec les données statistiques de la langue attestant d'une plus grande proportion de coda sonore et d'attaque obstruente dans la langue (e.g., Content et al., 1990). Par ailleurs, nous obtenons une nouvelle donnée qui montre une meilleure détection lors de la présentation de l'attaque par rapport à la présentation de la coda. Il semblerait que l'attaque occupe un statut plus déterminant que la coda dans la segmentation syllabique. Ce résultat rejoint aisément celui de Content et al. (2001b) dans son expérience en modalité auditive, au cours de laquelle ils avaient mis en évidence le rôle prépondérant que pourrait avoir l'attaque syllabique grâce à ses propriétés phonétiques en intervenant comme point d'alignement pour la recherche lexicale. Cette interprétation, que nous transposons en modalité visuelle, est à considérer avec précautions compte tenu que nous manipulons des pseudomots dont le statut dans le lexique mental est inexistant.

Deux résultats supplémentaires, très intéressants sont à relever. Tout d'abord, nous obtenons une interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque prouvant qu'un contact entre deux syllabes qui suit la courbe de sonorité optimale facilite le traitement segmental. Combiné au fait que nous trouvons ce résultat dans la configuration de 'compatibilité syllabe-couleur', nous pouvons en déduire qu'il s'agit-là d'un élément – ou d'un indice – primordial dans le recours aux unités syllabiques pour la segmentation. Parallèlement, nous mettons en évidence une interaction entre le type de détection et la sonorité de l'attaque. Dans cette interaction, il ressort clairement que l'attaque occupe effectivement un statut dominant sur la coda, d'autant plus que sa détection est optimisée lorsque sa sonorité est obstruente. Cette observation s'inscrit dans la lignée des données linguistiques selon lesquelles les attaques de syllabes sont généralement

plus faibles en sonorité que les codas (Blevins, 1995). Ce type de réponse ne se retrouve, par ailleurs, que dans le cas de 'compatibilité syllabe-couleur', ce qui abonde dans la direction d'une importance conséquente de la syllabe pour le traitement de pseudomots.

Concernant la condition 'incompatibilité syllabe-couleur', nous dégagons sensiblement les mêmes effets, à savoir des temps de détection plus courts dans le traitement des attaques par rapport aux codas et dans le traitement des codas sonores comparées aux codas obstruents. Puisqu'il n'y a pas d'effet de la sonorité de l'attaque, pourtant présent dans la condition de 'compatibilité syllabe-couleur, cela peut nous renseigner d'une autre manière sur le statut de l'attaque dans la segmentation syllabique : son influence pourrait être directement reliée à la capacité de segmentation syllabique naturelle mais qui serait annulée lorsqu'il y a un effet de parasitage perceptif. D'autre part, la constance du rôle de la sonorité de la coda nous indique qu'une coda sonore semblerait être plus automatiquement activée compte tenu de sa prédominance dans la langue.

En revanche, la présence de l'interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque penche ici aussi en faveur de meilleures détections de la lettre-cible dans un contact phonotactique optimal malgré l'incongruence entre la couleur et le découpage syllabique naturel. Nous sommes donc en présence d'un effet non contrasté du profil de sonorité, c'est-à-dire malgré un effet d'interférence au niveau perceptif, l'aspect acoustico-phonétique semble être un indice activé de manière incompressible et naturelle pour traiter le langage, même lorsqu'il ne s'agit pas d'items du lexique, tant que les règles de construction des items (i.e., phonotactique, structure syllabique globale...) sont respectées.

Nos résultats présentés ici viennent apporter des éléments nouveaux. En effet, d'une part nous retrouvons des effets présents dans l'expérience précédente sur l'importance de la sonorité en fonction du statut des consonnes intervocaliques (i.e., coda sonore et attaque obstruente). D'autre part, nous renforçons les données obtenues en français par Bedoin et Dissard (2002) et par Fabre et Bedoin (2003) : l'importance de la sonorité à la frontière syllabique et notamment le rôle-clé du profil 'coda sonore – attaque obstruente' dans le recours à une segmentation basée sur la syllabe. Nous apportons également des renseignements nouveaux sur le rôle de l'attaque qui serait aussi crucial que celui qu'il occupe en modalité auditive pour accéder au lexique.

Enfin, le dernier point extrêmement important est que nous validons le fonctionnement de deux expériences aux modalités différentes qui toutes deux suggèrent l'implication de la syllabe pour segmenter des pseudomots chez l'adulte expert avec un accent mis sur l'influence directe de la sonorité aux frontières syllabiques comme facteur linguistique pertinent dans le recours à la syllabe, même à l'écrit.

CHAPITRE 10

– Compétences phonémiques & traitements phonologiques chez des enfants dyslexiques & normo-lecteurs –

1. Étude comparative auprès d'enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs dans une tâche de discrimination auditive de paires minimales

1.1. Introduction

Cette expérience s'axe sur l'étude des représentations phonémiques et des capacités de discrimination auditive de paires de sons. Nous cherchons à définir la sensibilité d'enfants dyslexiques développementaux à des indices acoustico-phonétiques et articulatoires pour traiter les sons de la langue en proposant des sons se différenciant soit par le trait phonétique de voisement, soit par le lieu articulatoire, soit par la combinaison des deux. Nous voulons aussi déterminer le niveau de compétences de ces enfants sur des critères plus variés tels que la structure syllabique ou le mode articulatoire du phonème initial. Enfin, nous souhaitons comparer les performances des enfants dyslexiques à celles d'enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques.

1.2. Rappel de la problématique

Cette expérience tente de répondre à quatre questions : – les enfants dyslexiques peuvent-ils discriminer correctement deux sons se différenciant par le trait phonétique de voisement ? – les enfants dyslexiques ont-ils des profils de réponse distincts d'enfants ne présentant aucun trouble d'apprentissage de la lecture ? – la structure syllabique et le mode articulatoire ont-ils un impact direct sur les capacités de discrimination auditive ? – les trois groupes d'enfants ont-ils des seuils de sensibilités identiques ?

1.3. Méthode

1.3.1. Participants

Quinze enfants diagnostiqués dyslexiques (i.e., DYSL) avec troubles phonologiques ont été retenus pour cette expérience. Ils ont été appariés à deux populations d'enfants normo-lecteurs : quinze enfants de même âge chronologique (i.e., NLAC) et quinze enfants de même âge lexique (i.e., NLAL) (Tableau 9)²⁸.

Tableau 9. Caractéristiques des trois populations d'enfants pour la tâche de discrimination auditive de paires minimales.

	Populations d'enfants		
	<u>DYSL</u>	<u>NLAC</u>	<u>NLAL</u>
Âge chronologique	10 ans et 0 mois σ : 10.9	10 ans et 4 mois σ : 12.3	7 ans et 1 mois σ : 4.2
Âge lexique	7 ans et 3 mois σ : 4.4	11 ans et 5 mois σ : 5.3	7 ans et 4 mois σ : 5.2

Tous les enfants normo-lecteurs étaient exclusivement de langue maternelle française, droitiers et sans problèmes psychologiques, comportementaux ou neurologiques. Ils n'étaient ni redoublant ni en avance. Enfin, ils avaient tous une vue normale ou corrigée et ne présentaient aucune altération auditive légère ou profonde.

1.3.2. Tests de lecture

Les enfants normo-lecteurs ont tous réalisé un test de lecture afin d'écartier tout trouble possible en lecture. Nous avons à nouveau utilisé le TIMÉ 2 (Écalle, 2003) pour les enfants NLAL et le TIMÉ 3 (Écalle, 2006) pour les enfants NLAC. Aucune analyse statistique n'a été menée sur les scores. Dans ce cas-là, tous les enfants présentaient des profils normaux en lecture. Pour les enfants DYSL, nous nous sommes appuyés sur les scores réalisés au test de l'Alouette (Lefavrais, 1965) administrés par des praticiens lors de consultations orthophoniques ou neuropsychologiques récentes (i.e., inférieures à neuf mois).

1.3.3. Stimuli

Les stimuli expérimentaux utilisés étaient partiellement extraits et adaptés de la batterie d'épreuves élaborée par Van Reybroeck (2003) et se composaient des sons divisés en deux types

²⁸ Les enfants DYSL et les enfants NLAL proviennent en partie d'un groupe d'enfants vus par Laëticia Blanc, dans le cadre de consultations chez une orthophoniste indépendante et en partie par nous-mêmes dans le cadre d'un recrutement par voie d'annonce. Les enfants NLAC ont également été recrutés par voie d'annonce.

d'items (Annexes F) : des sons monosyllabiques de structure syllabique CV (e.g., /bu/) et CCV (e.g., /bru/) pouvant avoir un mode articuloire 'occlusif' (e.g., /tu/) ou 'fricatif' (e.g., /fu/) et être 'voisé' (e.g., /bu/) ou 'non voisé' (e.g., /pu/). Par ailleurs, ils étaient répartis selon deux conditions expérimentales : 'identique' et 'différent'. Chaque condition expérimentale était composée de quarante-huit paires de sons exclusivement composés de consonnes suivies de la voyelle /u/. Dans la condition 'identique', la paire comportait des sons successifs strictement identiques (e.g., /bu/ puis /bu/). En revanche, dans la condition 'différent', la paire proposait un premier son suivi d'un second son différent soit au niveau du trait phonétique de voisement (e.g., /bu/ puis /pu/), soit au niveau du lieu articuloire (e.g., /bu/ puis /du/), soit aux niveaux du trait phonétique de voisement et du lieu articuloire (e.g., /bu/ puis /tu/). Dans la condition 'identique', il y avait autant de paires de sons de structure CV que CCV, occlusifs que fricatifs et voisés que non voisés. Chaque paire était présentée à trois reprises. Dans la condition 'différent', il y avait autant de paires de sons pour chacune des sous-conditions ; de plus, l'alternance dans l'ordre de présentation du premier et du second son avait été contrôlée. La lexicalité (i.e., mot vs. pseudomot) avait aussi été contrôlée.

Compte tenu du nombre inéquitable de situations dans chacune des conditions expérimentales, il y avait six paires dans chacune des huit situations expérimentales possibles dans la condition 'identique' et quatre paires dans chacune des douze situations expérimentales possibles pour la condition 'différent'. Toutefois, les sujets voyaient toutes les conditions expérimentales (Tableau 10). Quatre listes expérimentales avaient été créées. Dans chaque liste, les items avaient été répartis de manière pseudo-aléatoire, c'est-à-dire afin qu'il y ait autant d'items de chaque catégorie dans chacune des listes. Cependant, les items étaient présentés dans un ordre aléatoire. Les participants voyaient toutes les listes, les unes à la suite des autres, intercalées de pauses.

Tableau 10. Exemples de l'ensemble des conditions expérimentales pour la tâche de discrimination auditive de paires minimales.

Condition 'identique'					
Mode Articuloire		Occlusif		Fricatif	
Type de Voisement		voisé	non voisé	voisé	non voisé
Structure de la Syllabe	CV	/bu/ puis /bu/	/tu/ puis /tu/	/vu/ puis /vu/	/su/ puis /su/
	CCV	/bru/ puis /bru/	/pru/ puis /pru/	/vru/ puis /vru/	/fru/ puis /fru/

Condition 'différent'							
Mode Articulatoire		Occlusif			Fricatif		
Type d'Opposition		Voisement	Lieu	Voisement + Lieu	Voisement	Lieu	Voisement + Lieu
Structure de la Syllabe	CV	/bu/ puis /pu/	/bu/ puis /du/	/bu/ puis /tu/	/fu/ puis /vu/	/fu/ puis /su/	/fu/ puis /zu/
	CCV	/bru/ puis /pru/	/bru/ puis /dru/	/bru/ puis /tru/	/fru/ puis /vru/	/fru/ puis /sru/	/fru/ puis /zru/

1.3.4. Dispositif expérimental

Les stimuli étaient présentés auditivement par l'intermédiaire du logiciel PsyScope 1.2.5 (Cohen et al., 1993) sur un ordinateur portable Macintosh iBook, version Mac OS 9.2. Les sons étaient administrés auditivement via un casque binaural Altec Lansing AHS 502i. Ils devaient utiliser leurs index pour répondre 'oui' (touche 'p') ou 'non' (touche 'a'). La disposition des touches de réponse reflétait la préférence manuelle droite. Le logiciel enregistrait les réponses ainsi que les temps de réponse.

1.3.5. Procédure

Chaque enfant était testé individuellement, dans un lieu calme et bien insonorisé, en une session unique. La tâche durait environ 15mn. Les sons avaient été convertis au format Sound Designer II à un taux d'échantillonnage de 44100Hz en 16 bits stéréo. Ils avaient été enregistrés par une voix humaine puis préparés et contrôlés grâce aux logiciels Adobe Audition 1.5 et Sony SoundForge 8.0. L'expérience se déroulait comme suit : un point de fixation (i.e., '+') s'affichait durant 500ms au centre de l'écran puis disparaissait avant que le premier son ne soit joué. Le second son suivait 250ms après la fin du premier. L'enfant était d'abord habitué aux touches de réponse et aux différentes conditions expérimentales grâce à une liste d'essai contenant quatre paires d'items-tests. Il recevait comme instructions de répondre aussi vite et aussi précisément que possible si les deux sons étaient identiques ou non (Annexes G). L'expérience commençait après cet entraînement. La séquence suivante débutait 500ms après la réponse de l'enfant. Une pause séparait chaque bloc expérimental dont la durée était décidée par l'enfant. L'expérimentateur n'intervenait jamais.

1.4. Hypothèses générale et opérationnelles

L'hypothèse générale défendue était la suivante :

- Les enfants dyslexiques ont des capacités de discrimination phonémique altérées et éprouvent, de ce fait, des difficultés pour discriminer des sons qui ne se différencient que

par le trait phonétique de voisement, difficultés plus marquées comparativement à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques.

Nous pouvons avancer cinq hypothèses opérationnelles :

Hypothèse opérationnelle 4a : Chez les enfants dyslexiques, des déficits dans la discrimination de deux sons qui ne se différencient que par le trait distinctif du voisement en perception catégorielle (e.g., Serniclaes et al., 2001), auront comme répercussions pour cette tâche des temps de réponse et un nombre d'erreurs plus élevé lorsque la distinction entre les deux sons ne porte que sur le voisement plutôt que lorsqu'elle porte sur le lieu articulatoire (e.g., Treiman, Broderick, Tincoff & Rodriguez, 1998).

Hypothèse opérationnelle 4b : Chez les trois populations d'enfants, la condition 'différent' sera moins bien réalisée que la condition 'identique' en termes de temps de réponse et du nombre d'erreurs.

Hypothèse opérationnelle 4c : Chez les enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques, nous devrions avoir des temps de réponse et un nombre d'erreurs de plus en plus bas à mesure que les deux sons s'opposent par des traits distincts éloignés. En d'autres termes, la discrimination de deux sons devrait être mieux perçue lorsqu'il y aura une différence portant à la fois sur le voisement et sur le lieu articulatoire, puis sur un seul des deux aspects (i.e., lieu articulatoire), et enfin sur le voisement.

Hypothèse opérationnelle 4d : Chez les trois populations d'enfants, quelle que soit la condition expérimentale, nous devrions obtenir de meilleures performances pour les structures syllabiques simples (i.e., CV), plus précocement acquises et optimales en termes de complexité et de sonorité (e.g., Clements, 1990), par rapport aux structures comportant un cluster consonantique initial (i.e., CCV). De plus, les consonnes occlusives devraient être plus facilement et rapidement traitées que les consonnes fricatives dans la mesure où elles font partie du répertoire articulatoire précoce des enfants (e.g., Rondal, 1997).

Hypothèse opérationnelle 4e : La capacité de discrimination phonémique reposant sur des apprentissages et des connaissances implicites notamment stimulés par l'apprentissage explicite de la lecture (Gombert, 2003), les performances (i.e., temps de réponse et nombre d'erreurs) des enfants normo-lecteurs de même âge chronologique devraient être supérieures à celles des enfants dyslexiques et des enfants normo-lecteurs appariés en âge lexique. Cependant, les enfants normo-lecteurs de même âge lexique n'ayant pas bénéficié d'apprentissages équivalents en termes de

temps à ceux des deux autres groupes, les enfants dyslexiques devraient avoir des performances supérieures à ces derniers.

1.5. Résultats

1.5.1. Introduction

Plusieurs analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été réalisées en prenant en compte, selon les conditions expérimentales, trois facteurs intra-sujets :

- à 2 modalités (i.e., Structure de la Syllabe (CV et CCV)),
- à 2 modalités (i.e., Type de Voisement (voisé et non voisé),
- à 2 modalités (i.e., Mode Articulatoire (occlusif et fricatif),
- à 3 modalités (i.e., Type d'Opposition (voisement, lieu et voisement + lieu)),

et sur un facteur inter-sujets à trois modalités (i.e., Groupe (DYSL, NLAL et NLAC)) avec comme variables aléatoires les sujets ($F1$) et les stimuli ($F2$).

De plus, le paradigme de la *Théorie de Détection du Signal* (i.e. TDS, Tanner & Swets, 1954) a été employé afin de déterminer la sensibilité de discrimination (i.e., d') des enfants à la tâche.

Les plans expérimentaux généraux de cette expérience sont les suivants :

- pour $F1$, avec les deux conditions, $S_{15}\langle G_3 \rangle * S_{y_2} * A_2 * C_2$, et pour $F2$, avec les deux conditions, $I_{12}\langle A_2 * S_{y_2} * C_2 \rangle * G_3$,
- pour $F1$, avec la condition 'identique', $S_{15}\langle G_3 \rangle * S_{y_2} * A_2 * V_2$, avec la condition 'différent', $S_{15}\langle G_3 \rangle * S_{y_2} * A_2 * O_3$,
- pour $F2$, avec la condition 'identique', $I_6\langle A_2 * S_{y_2} * V_2 \rangle * G_3$, avec la condition 'différent', $I_4\langle O_3 * A_2 * S_{y_2} \rangle * G_3$ ²⁹.

Seuls les temps de réponse corrects ont été pris en considération lors des analyses sur les temps de réponse. Les temps de réponse corrects ont été standardisés (i.e., pour chaque sujet, les temps de réponse éloignés de la moyenne plus ou moins deux écarts-types étaient considérés comme des erreurs ; *trimming* d'environ 4.5% des données). Des analyses statistiques ont été menées sur les erreurs (environ 17.2% des données). Les données descriptives sont résumées dans le Tableau 11.

²⁹ Structure de la Syllabe = Sy ; Mode Articulatoire = A ; Type de Voisement = V ; Type d'Opposition = O ; Condition Expérimentale = D ; Groupe = G ; Sujet = S et Item = I.

Tableau 11. Récapitulatif descriptif des temps de réponse moyens (en ms), de l'erreur standard (entre parenthèses) et du pourcentage d'erreur de chaque condition expérimentale pour les enfants NLAL, NLAC et DYSL.

			Occlusif		Fricatif	
			CV	CCV	CV	CCV
NLAL	Condition 'identique'	Voisé	1582 (94) 6.7%	1554 (86) 14.4%	1577 (69) 14.4%	1497 (77) 15.6%
		Non voisé	1499 (98) 7.8%	1580 (78) 11.1%	1574 (70) 12.2%	1754 (101) 23.3%
	Condition 'différent'	Voisement	1657 (110) 16.7%	1644 (128) 26.7%	1696 (70) 28.3%	1727 (97) 21.7%
		Lieu	1586 (94) 16.7%	1731 (133) 23.3%	1808 (161) 20.0%	1691 (75) 30.0%
		Voisement + Lieu	1697 (117) 6.7%	1948 (144) 26.7%	1674 (127) 15.0%	1851 (107) 25.0%
				Occlusif		Fricatif
			CV	CCV	CV	CCV
NLAC	Condition 'identique'	Voisé	1262 (64) 3.3%	1378 (82) 5.6%	1229 (47) 10.0%	1237 (35) 4.4%
		Non voisé	1147 (34) 3.3%	1189 (41) 6.7%	1308 (53) 8.9%	1299 (52) 17.8%
	Condition 'différent'	Voisement	1440 (56) 18.3%	1323 (61) 21.7%	1356 (53) 13.3%	1557 (122) 28.3%
		Lieu	1326 (44) 10.0%	1352 (65) 18.3%	1406 (55) 11.7%	1495 (72) 21.7%
		Voisement + Lieu	1297 (54) 5.0%	1404 (54) 13.3%	1369 (70) 8.3%	1431 (71) 18.3%
				Occlusif		Fricatif
			CV	CCV	CV	CCV
DYSL	Condition 'identique'	Voisé	1917 (117) 14.4%	1925 (174) 22.2%	1945 (118) 23.3%	1872 (151) 26.7%
		Non voisé	1663 (140) 12.2%	1937 (204) 18.9%	1836 (187) 16.7%	1966 (195) 23.3%
	Condition 'différent'	Voisement	1977 (188) 33.3%	1981 (178) 40.0%	1866 (148) 26.7%	1967 (156) 25.0%
		Lieu	2259 (227) 20.0%	2171 (169) 11.7%	2018 (198) 25.0%	1947 (145) 21.7%
		Voisement + Lieu	2104 (190) 23.3%	2040 (188) 21.7%	1911 (161) 30.0%	2142 (174) 25.0%

1.5.2. Analyse comparative des trois groupes d'enfants

1.5.2.1. Calcul du d' global

Une ANOVA à un facteur réalisée sur les d' pour les trois groupes d'enfants met en évidence un effet principal significatif du facteur Groupe [$F_{(2, 42)} = 10.66, p = .0002, \eta^2 = 0.34$]. Un test t de Student montre que le seuil de sensibilité des enfants NLAC ($d' = 2.6$) est significativement plus élevé que celui des enfants NLAL ($d' = 2.0$) [$t[28] = 3.70 ; p = .0009$] et des enfants DYSL ($d' = 1.7$) [$t[28] = -4.06 ; p = .0004$]. La différence n'est pas significative entre enfants NLAL et DYSL.

1.5.2.2. Analyses globales pour les deux conditions

Les ANOVA conduites sur les temps de réponse et sur les erreurs pour les deux conditions expérimentales ont mis en évidence plusieurs effets principaux significatifs des facteurs :

- Groupe, dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 42)} = 7.45, p = .002, \eta^2 = 0.26, F_{2(2, 264)} = 20.42, p < .0001, \eta^2 = 0.13$], et dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 14.38, p < .0001, \eta^2 = 0.41, F_{2(2, 264)} = 315.97, p < .0001, \eta^2 = 0.71$].

Un premier test t de Student montre que les enfants DYSL (2.7) réalisent plus d'erreurs que les enfants NLAL (2.1) [$t[28] = 2.65 ; p = .009$], et que les enfants NLAC (1.4) [$t[28] = 5.89 ; p < .0001$]. De même, les enfants NLAL commettent statistiquement plus d'erreurs que les enfants NLAC [$t[28] = -3.63 ; p = .0003$].

Un autre test t de Student révèle que les enfants DYSL (1971ms) répondent plus lentement que les enfants NLAL (1637ms) [$t[28] = 5.62 ; p < .0001$], et NLAC (1304ms) [$t[28] = 12.27 ; p < .0001$]. Enfin, les enfants NLAC répondent plus rapidement que les enfants NLAL [$t[28] = -9.74 ; p < .0001$].

- Condition Expérimentale, dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 42)} = 16.21, p = .0002, \eta^2 = 0.28, F_{2(1, 264)} = 27.57, p < .0001, \eta^2 = 0.10$], et dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 29.59, p < .0001, \eta^2 = 0.41, F_{2(1, 264)} = 58.86, p < .0001, \eta^2 = 0.18$]. La condition 'identique' engendre des latences de réponse (1723ms) plus courtes et un nombre d'erreurs (1.6) inférieur à la condition 'différent' (1552ms) (2.5).

1.5.2.3. Analyses globales pour la condition 'identique'

L'ANOVA montre des effets principaux significatifs pour les facteurs :

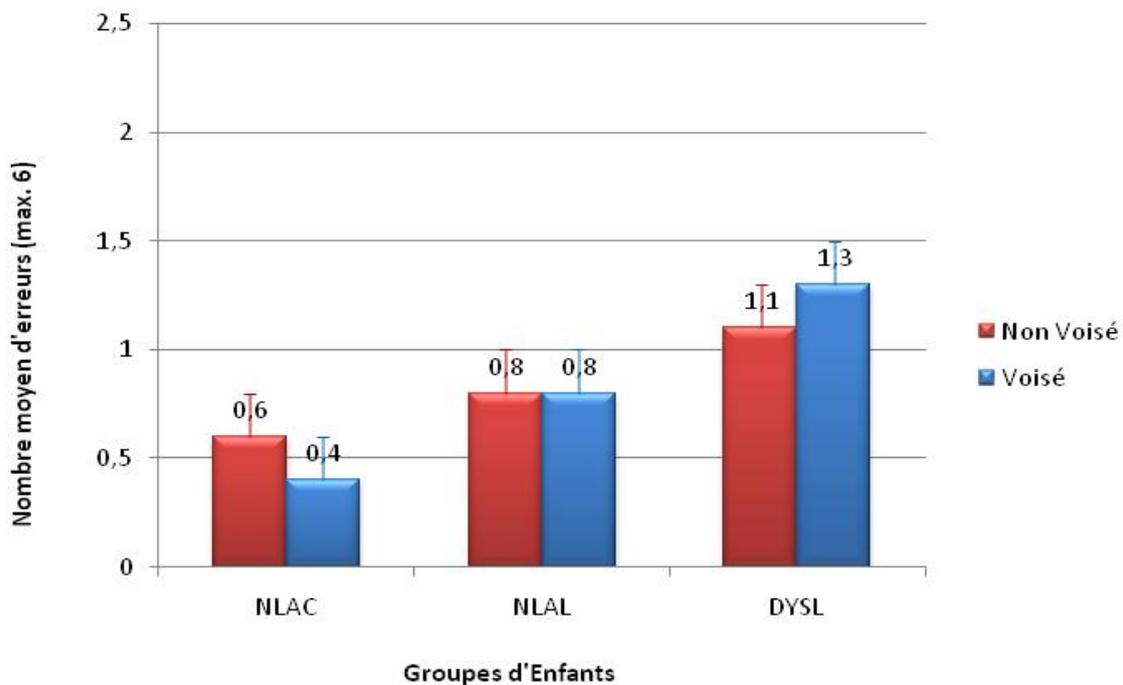
- Groupe, dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 42)} = 6.11, p = .005, \eta^2 = 0.23, F_{2(2, 120)} = 13.94, p < .0001, \eta^2 = 0.19$], et dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 14.75, p < .0001, \eta^2 = 0.41, F_{2(2, 120)} = 183.61, p < .0001, \eta^2 = 0.75$].

Un test *t* de Student permet d'observer que les enfants DYSL répondent significativement plus lentement (1882ms) et commettent plus d'erreurs (1.2) que les enfants NLAC (1255ms ; 0.5) [respectivement, $t[28] = 10.45$; $p < .0001$, et $t[28] = 5.83$; $p < .0001$] et que les enfants NLAL (1577ms ; 0.8) [respectivement, $t[28] = 4.75$; $p < .0001$, et $t[28] = 2.97$; $p < .0001$]. De même, les enfants NLAC répondent globalement plus vite et commettent moins d'erreurs que les enfants NLAL [respectivement, $t[28] = -9.03$; $p < .0001$, et $t[28] = -3.29$; $p = .001$].

- Mode Articulatoire, dans l'analyse sur les erreurs [$F1_{(1, 42)} = 10.80$, $p = .002$, $\eta^2 = 0.26$, $F2_{(1, 120)} = 9.33$, $p = .003$, $\eta^2 = 0.07$] ; les sons occlusifs entraînent un nombre d'erreurs (0.6) moins élevé que les sons fricatifs (1.0).
- Structure de la Syllabe, dans l'analyse sur les erreurs [$F1_{(1, 42)} = 13.27$, $p = .0007$, $\eta^2 = 0.24$, $F2_{(1, 120)} = 6.02$, $p = .02$, $\eta^2 = 0.05$], et dans l'analyse sur les temps de réponse [$F1_{(1, 42)} = 4.40$, $p = .04$, $\eta^2 = 0.10$, $F2_{(1, 120)} = 6.18$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.05$] ; les sons de structure CV (0.7) provoquent moins d'erreurs que les sons de structures CCV (1.0) (CV (1545ms) < CCV (1598ms)).

Enfin, l'interaction Groupe*Type de Voisement n'apparaît significative que dans l'analyse sur les erreurs, dans l'analyse par sujet [$F1_{(2, 42)} = 4.03$, $p = .03$, $\eta^2 = 0.19$, $F2 < 1$] (Figure 24) ; une analyse de contrastes ne met en évidence qu'une différence significative entre les enfants NLAC et DYSL dans la comparaison entre sons voisés et non voisés [$F1_{(1, 42)} = 7.38$, $p = .007$].

Figure 24. Nombre moyen d'erreurs (max. 6) pour l'interaction Groupe*Type de Voisement, dans la condition 'identique', tous groupes d'enfants confondus.



1.5.2.4. Analyses globales pour la condition 'différent'

L'ANOVA met en exergue des effets principaux significatifs pour les facteurs :

- Groupe, dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 42)} = 3.44, p = .04, \eta^2 = 0.14, F_{2(2, 108)} = 7.30, p = .001, \eta^2 = 0.12$], et dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 13.05, p < .0001, \eta^2 = 0.38, F_{2(2, 132)} = 154.42, p < .0001, \eta^2 = 0.70$].

Un test *t* de Student fait observer que les enfants DYSL répondent significativement plus lentement (2032ms) et commettent plus d'erreurs (1.0) que les enfants NLAC (1396ms ; 0.6) [respectivement, $t[28] = 11.72 ; p < .0001$, et $t[28] = 4.37 ; p < .0001$]. D'autre part, les enfants DYSL répondent uniquement moins vite que les enfants NLAL [$t[28] = 5.05 ; p < .0001$]. Enfin, les enfants NLAC répondent globalement plus vite et commettent moins d'erreurs que les enfants NLAL (1726ms ; 0.9) [respectivement, $t[28] = -8.52 ; p < .0001$, et $t[28] = -2.72 ; p = .007$].

- Type d'Opposition, dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 84)} = 7.27, p = .001, \eta^2 = 0.15, F_{2(2, 108)} = 4.26, p = .02, \eta^2 = 0.07$]; l'analyse de contrastes révèle que la condition d'opposition 'voisement' (1.0) provoque significativement plus d'erreurs que la condition d'opposition 'voisement+lieu' (0.7) [$F_{1(1, 14)} = 13.03, p = .0008, \eta^2 = 0.24$], et que la condition d'opposition 'lieu' (0.8) [$F_{1(1, 14)} = 9.09, p = .004, \eta^2 = 0.18$].

- Structure de la Syllabe, dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(1, 42)} = 9.03, p = .005, \eta^2 = 0.18, F_{2(1, 108)} = 6.11, p = .02, \eta^2 = 0.05$]; les sons de structure CV (0.7) provoquaient moins d'erreurs que les sons de structures CCV (0.9).

1.5.3. Analyse indépendante des trois groupes

1.5.3.1. Au près des enfants DYSL

Les ANOVA conduites sur les deux conditions expérimentales ne permettent pas d'observer d'effets significatifs ou tendanciels dans les analyses sur les erreurs mais uniquement un effet principal du facteur Condition Expérimentale dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(1, 14)} = 9.18, p = .009, \eta^2 = 0.40, F_{2(1, 88)} = 17.15, p < .0001, \eta^2 = 0.16$]; les temps de réponse sont plus courts dans la condition 'identique' (1864ms) que dans la condition 'différent' (2078ms).

Les ANOVA effectuées sur les temps de réponse ne révèlent aucun effet significatif, ni tendanciel dans aucune des conditions expérimentales. C'est pourquoi les résultats qui suivent ne concernent que les analyses sur les erreurs.

L'ANOVA menée pour la condition 'identique' met simplement en relief deux effets principaux significatifs, dans l'analyse par sujet :

- Mode Articulaire [$F_{1(1, 14)} = 4.85, p = .05, \eta^2 = 0.26, F_2 < 1$]; les sons occlusifs (0.3) provoquent moins d'erreurs que les sons fricatifs (0.6).
- Type de Voisement [$F_{1(1, 14)} = 5.91, p = .03, \eta^2 = 0.30, F_2 < 1$]; les sons voisés (0.4) étaient traités avec moins d'erreurs que les sons non voisés (0.6).

L'ANOVA effectuée pour la condition 'différent' montre uniquement un effet principal significatif :

- Type d'Opposition [$F_{1(2, 28)} = 6.04, p = .007, \eta^2 = 0.30, F_{2(2, 36)} = 4.78, p = .02, \eta^2 = 0.21$]; l'analyse de contrastes révèle que la condition d'opposition 'voisement' (1.2) engendre significativement plus d'erreurs que la condition d'opposition 'voisement+lieu' (1.0) [$F_{1(1, 14)} = 5.24, p = .04$], et que la condition d'opposition 'lieu' (0.8) [$F_{1(1, 14)} = 9.15, p = .009$].

1.5.3.2. Au près des enfants NLAL

L'ANOVA réalisée sur les deux conditions expérimentales met en évidence un effet principal du facteur Condition Expérimentale dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(1, 14)} =$

9.94, $p = .007$, $\eta^2 = 0.42$, $F2_{(1, 88)} = 17.23$, $p < .0001$, $\eta^2 = 0.16$] ; les temps de réponse sont plus courts dans la condition ‘identique’ (1553ms) que dans la condition ‘différent’ (1721ms).

Trois effets principaux significatifs dans l’analyse sur les erreurs sont également obtenus pour les facteurs :

- Condition Expérimentale [$F1_{(1, 14)} = 8.67$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.38$, $F2_{(1, 88)} = 10.30$, $p = .002$, $\eta^2 = 0.11$] ; la condition ‘identique’ (1.6) est sujette à moins d’erreurs que la condition ‘différent’ (2.6).
- Mode Articulaire [$F1_{(1, 14)} = 6.95$, $p = .02$, $\eta^2 = 0.33$, $F2_{(1, 88)} = 4.05$, $p = .05$, $\eta^2 = 0.14$] ; les enfants commettent moins d’erreurs pour traiter les sons occlusifs (1.8) que les sons fricatifs (2.4).
- Structure de la Syllabe [$F1_{(1, 14)} = 14.31$, $p = .002$, $\eta^2 = 0.51$, $F2_{(1, 88)} = 7.70$, $p = .007$, $\eta^2 = 0.08$] ; les structures syllabiques CV (1.7) entraînent moins d’erreurs que les sons de structure syllabique CCV (2.5).

Toutes les ANOVA menées par la suite sur les temps de réponse ne montrent aucun autre effet significatif, quelle que soit la condition expérimentale. De ce fait, seules les analyses sur les erreurs sont décrites pour chacune des conditions.

L’ANOVA réalisée pour la condition ‘identique’ montre deux effets principaux significatifs exclusivement dans l’analyse par sujet et tendancielles dans l’analyse par item :

- Mode Articulaire [$F1_{(1, 14)} = 5.05$, $p = .04$, $\eta^2 = 0.27$, $F1_{(1, 40)} = 3.75$, $p = .06$, $\eta^2 = 0.09$] ; les sons occlusifs (0.6) entraînent moins d’erreurs que les sons fricatifs (1.0).
- Structure de la Syllabe [$F1_{(1, 14)} = 6.47$, $p = .02$, $\eta^2 = 0.32$, $F1_{(1, 40)} = 3.13$, $p = .09$, $\eta^2 = 0.07$] ; les sons de structure syllabique CV (0.6) font commettre moins d’erreurs que les sons de structure syllabique CCV (1.0).

L’ANOVA conduite pour la condition ‘différent’ met seulement en évidence un effet principal significatif :

- Structure de la Syllabe [$F1_{(1, 14)} = 7.00$, $p = .02$, $\eta^2 = 0.33$, $F2_{(1, 36)} = 3.99$, $p = .05$, $\eta^2 = 0.10$] ; les sons de structure syllabique CV (0.7) entraînent moins d’erreurs que les sons de structure syllabique CCV (1.0).

1.5.3.3. *Auprès des enfants NLAC*

L’ANOVA menée sur les deux conditions expérimentales fait ressortir un unique effet principal du facteur Condition Expérimentale dans l’analyse sur les temps de réponse [$F1_{(1, 14)} =$

16.04, $p = .001$, $\eta^2 = 0.53$, $F2_{(1, 88)} = 35.76$, $p < .0001$, $\eta^2 = 0.29$] ; les enfants répondent plus vite dans la condition ‘identique’ (1238ms) que dans la condition ‘différent’ (1370ms).

Par ailleurs, trois effets principaux significatifs sont mis en évidence dans l’analyse sur les erreurs pour les facteurs suivants :

- Condition Expérimentale [$F1_{(1, 14)} = 9.77$, $p = .007$, $\eta^2 = 0.41$, $F2_{(1, 88)} = 15.19$, $p = .0002$, $\eta^2 = 0.15$] ; la condition ‘identique’ (0.9) engendre moins d’erreurs que la condition ‘différent’ (1.9).
- Mode Articulaire [$F1_{(1, 14)} = 8.26$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.37$, $F2_{(1, 88)} = 3.41$, $p = .06$, $\eta^2 = 0.04$] ; le nombre d’erreurs pour traiter les sons occlusifs (1.2) est plus faible que le nombre d’erreurs avec les sons fricatifs (1.6).
- Structure de la Syllabe [$F1_{(1, 14)} = 19.29$, $p = .0006$, $\eta^2 = 0.58$, $F2_{(1, 88)} = 7.11$, $p = .009$, $\eta^2 = 0.08$] ; les sons de structure syllabique CV (1.1) sont mieux traités que les sons de structure syllabique CCV (1.7).

Aucune des ANOVA réalisées sur les temps de réponse ne mettent en évidence des effets significatifs voire tendanciels dans chacune des conditions expérimentales. Seuls les résultats sur les erreurs sont présentés.

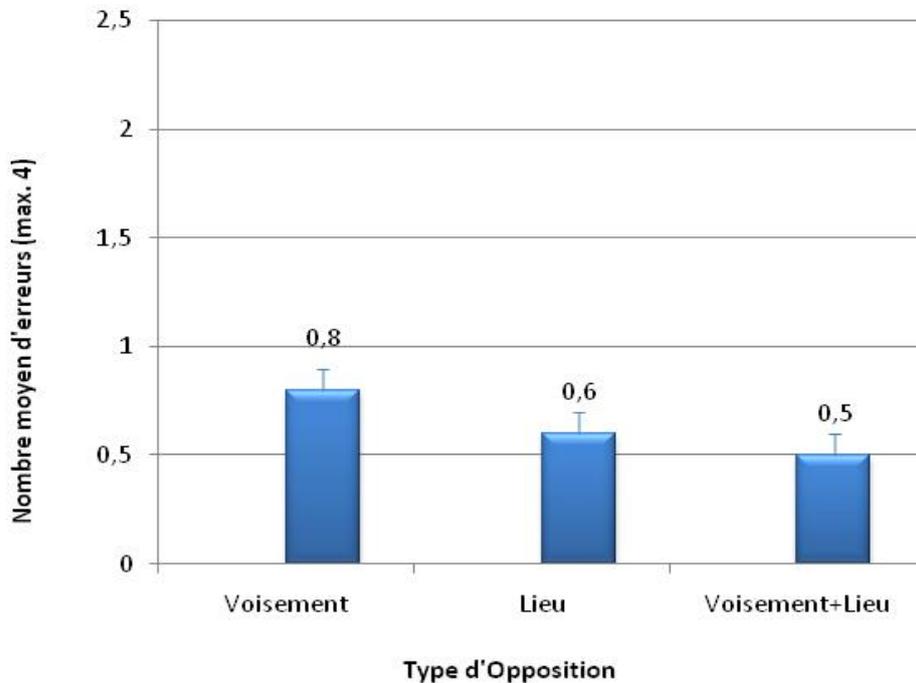
L’ANOVA menée pour la condition ‘identique’ permet uniquement de dégager deux effets principaux significatifs dans l’analyse par sujet :

- Type de Voisement [$F1_{(1, 14)} = 7.98$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.36$, $F2 < 1$] ; les sons non voisés (1.1) engendrent moins d’erreurs que les sons voisés (1.1).
- Structure de la Syllabe [$F1_{(1, 14)} = 5.97$, $p = .03$, $\eta^2 = 0.30$, $F2 < 1$] ; les sons de structure syllabique CV (1.0) sont mieux traités que les sons de structure syllabique CCV (1.4).

L’ANOVA conduite pour la condition ‘différent’ met en évidence deux effets principaux significatifs :

- Type d’Opposition [$F1_{(2, 28)} = 5.59$, $p = .009$, $\eta^2 = 0.29$, $F2 < 1$] (Figure 25) ; l’analyse de contrastes indique que la condition d’opposition ‘voisement’ (0.8) engendre significativement plus d’erreurs que la condition d’opposition ‘voisement+lieu’ (0.5) [$F1_{(1, 14)} = 9.46$, $p = .008$, $\eta^2 = 0.40$], et tendanciellement avec la condition la condition d’opposition ‘lieu’ (0.6) [$F1_{(1, 14)} = 3.69$, $p = .08$, $\eta^2 = 0.21$].
- Structure de la Syllabe [$F1_{(1, 14)} = 16.83$, $p = .001$, $\eta^2 = 0.55$, $F2_{(1, 36)} = 7.44$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.17$] ; les sons de structure syllabique CV (0.4) sont mieux traités que les sons de structure syllabique CCV (0.8).

Figure 25. Nombre moyen d'erreurs (max. 4) pour le facteur Type d'Opposition, dans la condition 'différent', chez les enfants NLAC.



1.6. Discussion

Cette expérience nous a permis de comparer des enfants dyslexiques développementaux avec troubles phonologiques à des enfants normo-lecteurs appariés en âges chronologiques et lexiques dans une tâche de discrimination auditive de paires minimales de sons. L'objectif principal était d'estimer le niveau des représentations phonémiques d'enfants avec et sans troubles en lecture en testant la prédiction d'un déficit en discrimination de paires de sons ne se différenciant que par une caractéristique – le trait phonétique de voisement – chez des enfants dyslexiques (e.g., Adlard & Hazan, 1998 ; Masterson et al., 1995 ; Serniclaes et al., 2001), tout en manipulant la structure syllabique, le mode articulaire et le type de voisement des sons.

Tout d'abord, nous voyons que la sensibilité des enfants lors de cette tâche varie en fonction du groupe. Effectivement, il apparaît que les enfants NLAC ont un seuil de sensibilité bien plus élevé que celui des enfants DYSL ou NLAL. Ce résultat peut être interprété par la combinaison de deux facteurs. D'une part, la tâche peut avoir été trop simple à effectuer pour des enfants normo-lecteurs âgés. Contrairement à un test de perception catégorielle classique, notre épreuve ne se base pas sur la discrimination de deux sons le long d'un continuum sur lequel nous aurions modifié subtilement et progressivement le délai de voisement. D'autre part, dans une

tâche qui requiert une aptitude à différencier des sons sur la base de changements affectant le phonème initial, nous obtenons d'excellentes performances grâce au développement d'habiletés implicites et explicites issues des nombreuses années d'exposition à l'oral, à l'écrit et à l'enseignement des CGP. Cette dernière interprétation trouve du sens lorsque l'on s'intéresse au résultat des enfants NLAL dont la sensibilité ne diffère pas significativement de celle des enfants DYSL. Bien que de manière strictement descriptive, nous trouvons une sensibilité plus élevée chez les enfants NLAL par rapport aux enfants DYSL, il ressort que le niveau de compétences de ces deux groupes d'enfants est proche, lié à une difficulté de délimitation des catégories phonémiques chez les enfants DYSL (compte tenu de leurs âges chronologiques) et probablement relatif à un manque d'expérience linguistique chez les enfants NLAL qui n'aurait structuré que partiellement leurs connaissances (e.g., Delahaie, Sprenger-Charolles, Serniclaes, Billard, Tichet, Pointeau & Vol, 2004a ; Hazan & Barrett, 2000). Comme le proposent Delahaie, Sprenger-Charolles, Serniclaes, Billard, Tichet, Pointeau & Vol (2004a ; 2004b), l'évolution très significative des compétences en perception catégorielle pourrait dépendre du processus d'alphabétisation. Avec le début de l'apprentissage de la lecture, cela aboutirait au développement progressif des habiletés phonologiques et des capacités de perception et de production phonologiques nécessaires à l'identification et à la discrimination de paires de sons verbaux. Or, chez les enfants NLAL, ces aptitudes n'en seraient encore qu'à leurs balbutiements.

La comparaison des deux conditions expérimentales (i.e., 'identique' et 'différent') met en évidence que les enfants DYSL, globalement, font plus d'erreurs et répondent plus lentement qu'ils soient comparés aux enfants NLAL ou NLAC. Ce constat ne corrobore que partiellement l'une de nos hypothèses. Il semble que la qualité des traitements effectués par les enfants DYSL soit nettement inférieure à celle d'enfants normo-lecteurs, que ce soit du point de la précision ou de la vitesse. Ce résultat est précieux dans la mesure où il renseigne sur la présence d'un double déficit *précision-vitesse* et peut *a priori* exclure un déficit qui se limite à l'une des deux composantes. Les enfants DYSL disposent donc de connaissances et de compétences qui sont non seulement plus faibles que celles d'enfants NLAC mais aussi plus faibles que celles d'enfants NLAL. Ils n'auraient pas développé certaines habiletés malgré une plus grande exposition au langage écrit et oral.

Parallèlement, quel que soit le groupe d'enfants considéré, la condition 'identique' est mieux traitée aussi bien en termes de temps de réponse qu'en termes de nombre d'erreurs que la condition 'différent'. Conformément à notre hypothèse, il apparaît que les enfants discriminent plus efficacement les paires de sons semblables plutôt que les paires de sons dissemblables. Ce résultat paraît assez logique dans la mesure où deux sons identiques n'exigent pas la mise en jeu

d'un mécanisme aussi fin que celui requis pour détecter un changement bref et rapide qu'induisent deux sons différents.

Ensuite, les sons comportant un phonème initial occlusif font l'objet de moins d'erreurs que les sons composés d'un phonème initial fricatif pour les deux conditions expérimentales réunies et indépendamment l'une de l'autre. Ce résultat est compatible avec un ensemble de données développementales et linguistiques. En effet, les consonnes occlusives sont partie des consonnes les plus précocement maîtrisées en français (e.g., Rondal, 1997) alors que les consonnes fricatives font partie des plus tardivement acquises. D'autre part, la discrimination de contrastes concernant des consonnes fricatives serait susceptible à plus d'erreurs, comme par exemple en anglais (e.g., Masterson et al., 1995).

De plus, les sons de structure syllabique CV donnent lieu à moins d'erreurs que les sons de structure syllabique CCV aussi bien en considérant les deux conditions expérimentales conjointement que chacune séparément. Cette donnée renvoie ouvertement à une sensibilité particulière à la complexité syllabique. Les enfants sont sensibles à une forme sonore optimale de la syllabe composée d'une attaque simple et d'un noyau vocalique (Clements, 1990). Ce résultat est compatible avec d'autres données issues des travaux de Sprenger-Charolles et Siegel (1997) ou Bastien-Toniazzo et al. (1999) en français qui montrent que les enfants tendent à réduire plus volontiers les structures syllabiques complexes (e.g., CCV, CVC...) en des structures simplifiées optimales (i.e., CV) qui constituent les syllabes les plus rapidement maîtrisées et les moins ambiguës.

Dans la condition 'différent', nous trouvons un effet de groupe qui atteste que les enfants NLAC répondent plus vite et commettent moins d'erreurs que les enfants NLAL et DYSL. De même, les enfants NLAL répondent uniquement moins vite que les enfants NLAL ; leur nombre d'erreurs est quasi similaire. Comme le soulignent Ruff, Boulanouar, Cardebat, Celsis et Démonet (2001), des différences peuvent ne se manifester qu'en termes de vitesse et pas en termes de précision. Toutefois, avec ce résultat, nous validons à nouveau en partie l'une de nos prédictions : les enfants les plus âgés et les plus expérimentés sont plus performants que les enfants les plus jeunes ou avec des déficits en lecture. Nous mettons également en évidence un résultat conforme aux données de la littérature mettant en évidence une meilleure discrimination inter-catégorielle chez les enfants normo-lecteurs comparativement aux enfants dyslexiques (e.g., Bogliotti, Messaoud-Galusi & Serniclaes, 2002 ; Serniclaes et al., 2001 ; Serniclaes et al., 2004 ; Werker & Tees, 1987). La discrimination de sons qui se différencie sur au moins une caractéristique phonétique – la discrimination inter-catégorielle – serait plutôt une habileté propre aux normo-lecteurs (e.g., Adlard & Hazan, 1998 ; Serniclaes et al., 2001).

Enfin, nous voyons que deux de nos hypothèses sont en partie validées. Les oppositions qui portent uniquement sur un seul trait distinctif, notamment le voisement, sont celles qui sont le moins bien discriminées. Ce pattern n'émerge qu'en termes de précision. Le voisement serait bel et bien le trait caractéristique le plus difficilement traité, quel que soit le niveau d'habiletés phonologiques, quel que soit l'âge.

En nous intéressant plus précisément aux données des enfants DYSL, la comparaison entre les deux conditions expérimentales ne fournit une différence qu'en termes de temps de réponse en faveur de la condition 'identique' par rapport à la condition 'différent'. En revanche, l'étude spécifique de chacune des deux conditions révèle des différences significatives restreintes à la précision des réponses (i.e., le nombre d'erreurs).

Ce pattern obtenu chez les enfants DYSL pourrait faire l'objet d'une analogie avec leurs scores dans un test de perception catégorielle (e.g., Serniclaes et al., 2004). Selon ces auteurs, les enfants dyslexiques auraient une habileté particulièrement plus élevée au niveau de la perception intra-catégorielle reflétant un mode de perception allophonique (Serniclaes et al., 2004) qui leur permettrait de mieux détecter des changements phonétiques contextuels. Pour notre tâche, cela indiquerait que les enfants DYSL, grâce à cette compétence, aurait pu efficacement analyser les deux sons comme appartenant à la même catégorie en l'absence de variations acoustico-phonétiques. Toutefois, cette capacité serait pénalisante puisqu'elle augmenterait la charge cognitive des traitements phonémiques, justifiant ainsi d'une augmentation des temps de réponse en comparaison des enfants normo-lecteurs mais compensée face aux difficultés plus grandes rencontrées en discrimination inter-catégorielle.

Comme suggéré dans l'analyse globale, tous groupes confondus, les enfants DYSL font moins d'erreurs pour discriminer les sons occlusifs par rapport aux sons fricatifs dans la condition 'identique'. Par ailleurs, les enfants DYSL commettent moins d'erreurs avec les paires de sons semblables voisées par rapport aux paires de sons semblables non voisées.

Dans la condition 'différent', les enfants DYSL présentent les mêmes patterns de réponse que ceux mis en évidence dans l'analyse globale de la condition 'différent' : les enfants DYSL font plus d'erreurs pour discriminer deux sons qui ne se différencient que sur une caractéristique, notamment phonétique portant sur le voisement, par rapport à la condition où l'information est maximale riche en traits distinctifs (i.e., voisement+lieu). Ce résultat corrobore les données de précédentes études (e.g., Adlard & Hazan, 1998 ; Masterson et al., 1995 ; Mody et al., 1997 ; Reed, 1989) dans lesquelles la discrimination phonémique des dyslexiques est plus faible que celle d'enfants normo-lecteurs lorsque les phonèmes ne se distinguent que par un trait caractéristique. Cette observation renforce l'idée d'une représentation phonémique appauvrie chez

les enfants DYSL, ce qui supporte *in extenso* l'hypothèse d'un déficit en perception catégorielle. Cette difficulté à dissocier deux sons ne se différenciant que sur un trait distinctif et pertinent en français est le reflet d'une incapacité à établir des représentations (ou des catégories) phonologiques discrètes à partir de traits acoustico-phonétiques (e.g., le voisement) (e.g., Serniclaes et al., 2001). Cela reste conforme avec l'hypothèse selon laquelle un déficit en perception catégorielle affecterait la capacité des enfants DYSL pour stabiliser leurs représentations phonémiques qui en conséquence les gênerait pour appréhender correctement les règles CGP (e.g., De Weirdt, 1988 ; Godfrey, Syrdal-Lasky, Millay & Knox, 1981).

Les résultats obtenus avec les enfants NLAL sont similaires à ceux présentés avec les enfants DYSL dans la comparaison des deux conditions expérimentales, à savoir des temps de réponse plus courts mais également un nombre d'erreurs plus faible dans la condition 'identique' comparativement à la condition 'différent'. Par ailleurs, les enfants NLAL commettent moins d'erreurs pour traiter les sons comportant un phonème occlusif par rapport aux sons constitués d'un phonème fricatif et pour traiter les sons de structure syllabique CV par rapport aux sons de structure syllabique CCV, quelle que soit la condition expérimentale.

À l'instar de ce que nous observons auprès des enfants DYSL, l'étude indépendante de chaque condition expérimentale ne fournit des résultats significatifs qu'avec les analyses sur le nombre d'erreurs. Dans la condition 'identique', les enfants NLAL sont également sensibles à la structure syllabique en faveur des sons de structure CV comparés aux sons de structure CCV mais aussi au mode articulatoire, avec un nombre d'erreur inférieur pour les sons occlusifs comparativement aux sons fricatifs. En revanche, dans la condition 'différent', les enfants NLAL ne semblent pas être influencés par la restriction du nombre d'indices de discrimination, ce qui va à l'encontre de l'une de nos hypothèses. Toutefois, la structure syllabique des sons conditionne la qualité des réponses des enfants les plus jeunes : les structures CV engendrent moins d'erreurs que les structures CCV.

Comme nous l'avons exposé ci-dessus, l'amélioration des traitements provoquée par les structures syllabiques CV et par le mode articulatoire occlusif est compatible avec nos hypothèses mais surtout, respecte les cooccurrences du français et les étapes développementales dans la maîtrise des aspects linguistiques de la langue.

Comme pour chacun la population d'enfants NLAL, les comportements des enfants NLAC, dans la comparaison des deux conditions, montrent un avantage en termes de vitesse et de précision pour traiter les paires de sons identiques par rapport aux paires de sons différents. De même, les structures CV entraînent moins d'erreurs que les structures CCV et les phonèmes

occlusifs sont mieux traités que les phonèmes fricatifs. Ces trois résultats confirment nos hypothèses initiales et renforcent une dernière fois l'importance des caractéristiques statistiques, articulatoires et structurales d'une langue dans la qualité des représentations et l'efficacité des processus de traitement des sons de parole.

Comme pour les deux autres groupes d'enfants, les résultats obtenus dans chaque condition expérimentale n'expriment des différences que sur le nombre d'erreurs. La vitesse ne semble, définitivement, pas être un critère redondant et pertinent au sein d'une condition donnée lors de la discrimination de paires de sons et ce, quel que soit le niveau de connaissances phonémiques. La vitesse apparaît comme déterminante uniquement lorsqu'il y aurait la mise en œuvre de processus sensés permettre l'analyse des changements affectant les phonèmes initiaux. L'entrée en action d'un mécanisme spécifiquement dédié à la discrimination ralentirait les traitements automatiques des phonèmes.

Dans la condition 'identique' et dans la condition 'différent', les enfants NLAC sont sensibles à la structure syllabique des sons. Conformément à notre hypothèse et aux données observées chez les enfants NLAL et DYSL, une syllabe simple, optimale en sonorité (e.g., Clements, 1990 ; Clements & Keyser, 1983) et fréquente dans la langue (e.g., Wioland, 1985) est systématiquement traitée plus efficacement. Dans la condition 'identique', les paires de sons non voisés font commettre moins d'erreurs que les paires de sons non voisées. Enfin, dans la condition 'différent', nous retrouvons un profil de sensibilité aux oppositions proche de celui mis en évidence chez les enfants DYSL mais que l'on n'obtient pas avec les enfants NLAL. En accord avec nos prédictions, les enfants NLAC se trompent plus volontiers lorsque l'opposition n'affecte que le voisement, c'est-à-dire un trait distinctif minimal, plutôt qu'une opposition *extrême* basée sur l'association lieu+voisement ou même sur l'opposition d'une seule caractéristique cependant plus éloignée d'un point de vue phonétique et articulatoire qu'est le lieu articulatoire.

L'ensemble de données recueilli auprès de ces trois groupes d'enfants dans cette tâche de discrimination auditive de paires de sons nous permet de dresser un premier bilan des compétences phonémiques et linguistiques d'enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques. Les enfants DYSL présentent finalement des patterns de réponse qui peuvent paraître faiblement dissociés par rapport aux enfants NLAL et NLAC. Bien que globalement ils soient plus lents et plus imprécis, ils manifestent des sensibilités proches de leurs homologues. Ils disposent entre autres de certaines habiletés phonémiques et de connaissances sur les caractéristiques linguistiques telles que les syllabes. Parallèlement, ils ont essentiellement des difficultés communes aux enfants normo-lecteurs pour discriminer le trait

phonétique de voisement mais sont plus sévèrement touchés lorsque l'on considère le nombre d'erreurs et les temps de réponse.

Malgré leurs déficits phonologiques, les enfants DYSL sont plus performants pour discriminer des paires de sons identiques, sont sensibles aux structures syllabiques optimales CV et éprouvent des difficultés marquées lorsque la différence sur les phonèmes initiaux porte exclusivement sur le voisement mais sont facilités lorsque la combinaison d'opposition lieu+voisement est rencontrée. Ces configurations se retrouvent auprès des autres populations d'enfants. Grâce à une plus grande confrontation au langage écrit et oral, les enfants DYSL ont pu bénéficier de l'élaboration de connaissances implicites sur la langue, ce qui expliquerait certaines de leurs habiletés, identiques à celles des enfants normo-lecteurs, notamment au niveau de leur seuil de discriminabilité. Toutefois, leur double déficit global *vitesse-précision* témoigne d'une instabilité de ces connaissances. Ils ne sont parvenus qu'à construire des connaissances altérées ou sous-spécifiées qui nécessitent non seulement une plus longue durée de traitement mais qui engendrent malgré tout de nombreuses erreurs. La comparaison réalisée avec des enfants plus jeunes et plus vieux montrent qu'ils n'atteignent pas le niveau intermédiaire que nous avons prédit. Plus important, leurs performances sont souvent inférieures à celles des enfants NLAL. Cette dernière précision est importante car elle devrait valider l'hypothèse d'une déviance développementale. Cependant, les similitudes dans les capacités des enfants DYSL avec les enfants NLAL et NLAC ne nous autorise pas, pour l'instant, à exclure l'hypothèse du simple retard développemental (e.g., Casalis, 1995), d'autant plus qu'ils atteignent dans certains cas des scores indifférenciés de ceux des enfants NLAL (i.e., seuil de discriminabilité).

2. Étude comparative auprès d'enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs dans une tâche de décision lexicale

2.1. Introduction

Pour cette expérience, nous avons comme but principal l'évaluation des procédures phonologiques – et orthographiques – en termes de vitesse et de précision chez des enfants dyslexiques développementaux appariés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques. À l'aide d'une tâche de décision lexicale, nous tentons de caractériser le fonctionnement de la médiation phonologique et le développement du lexique orthographique en manipulant le statut des items : pseudomot, pseudohomophone ou mot. Pour finir, nous cherchons à évaluer la sensibilité des trois groupes d'enfants aux structures syllabiques et à la fréquence lexicale.

2.2. Rappel de la problématique

La problématique propose de répondre à quatre questions : – les enfants dyslexiques ont-ils recours à une procédure de traitement phonologique suffisamment efficace ? – l'augmentation des temps de réponse pour traiter des pseudomots est-elle compensée par une amélioration de la précision des réponses chez les enfants dyslexiques ? – les caractéristiques linguistiques (e.g., structure syllabique et fréquence lexicale) en décision lexicale ont-elles un impact sur l'efficacité des traitements des enfants dyslexiques et/ou normo-lecteurs ? – les enfants dyslexiques ont-ils des profils de réponse distincts d'enfants ne présentant aucun trouble d'apprentissage de la lecture ?

2.3. Méthode

2.3.1. Participants

Quinze enfants diagnostiqués dyslexiques (i.e., DYSL) avec troubles phonologiques ont participé à cette expérience. Ils ont été appariés à la même population d'enfants normo-lecteurs de même âge chronologique (i.e., NLAC) que celle retenue dans la tâche de discrimination auditive

de paires minimales (cf. Chapitre 9, Partie 1.3.1). Cependant, une nouvelle population de quinze enfants de même âge lexique (i.e., NLAL)³⁰ (Tableau 12).

Tableau 12. Caractéristiques des trois populations d'enfants pour la tâche de décision lexicale.

	Populations d'enfants		
	<u>DYSL</u>	<u>NLAC</u>	<u>NLAL</u>
Âge chronologique	9 ans et 10 mois σ : 12.4	10 ans et 4 mois σ : 12.3	6 ans et 10 mois σ : 5.0
Âge lexique	6 ans et 11 mois σ : 5.1	11 ans et 5 mois σ : 5.3	7 ans et 0 mois σ : 5.0

Tous les enfants normo-lecteurs étaient exclusivement de langue maternelle française, droitiers et sans problèmes psychologiques, comportementaux ou neurologiques. Ils n'étaient ni redoublant ni en avance. Enfin, ils avaient tous une vue normale ou corrigée.

2.3.2. Tests de lecture

Les scores des enfants DYSL sont basés sur les résultats obtenus au test de l'Alouette (Lefavrais, 1965) lors de consultations orthophoniques ou neuropsychologiques récentes (i.e., inférieures à neuf mois). Pour les enfants NLAC, les scores de lecture qui ont été conservés comme référence sont ceux obtenus au même test, avant de passer la tâche de discrimination auditive de paires minimales. Les enfants NLAL ont passé le TIMÉ 2 (Écalle, 2003). Aucune analyse statistique n'a été menée sur les scores. Pour les enfants normo-lecteurs, les âges chronologiques et lexicaux correspondaient. Tous les enfants présentaient des profils de lecteurs normaux.

2.3.3. Stimuli

Les stimuli expérimentaux utilisés étaient répartis en quatre catégories : des mots, des pseudohomophones, des pseudomots et des remplisseurs (Annexes H). Chaque catégorie était composée de trente items exclusivement bisyllabiques, dont la longueur variait de quatre à sept lettres. À chaque item de la catégorie 'Mot', correspondaient un item de la catégorie 'Pseudohomophone' et un item de la catégorie 'Pseudomot (e.g., saumon – somon – sinan). La catégorie 'Remplisseur', dont les caractéristiques orthographique et phonologique étaient celles d'un mot (e.g., savon), servait uniquement à équilibrer le nombre de réponses 'oui' et 'non'. Les items de chaque catégorie étaient équitablement distribués en différentes structures syllabiques

³⁰ Les enfants DYSL proviennent en partie d'un groupe d'enfants vus par Laëticia Blanc, dans le cadre de consultations chez une orthophoniste indépendante et en partie par notre équipe dans le cadre d'un recrutement par voie d'annonce. Les enfants NLAC et NLAL ont été recrutés par voie d'annonce.

initiales (i.e., CV, CCV et CVC, soit dix items par structure). Enfin, pour la catégorie ‘Mot’ et la catégorie ‘Remplisseur’, un découpage en ‘Mot fréquent’ ($\mu = 84$) et ‘Mot peu fréquent’ ($\mu = 5$) était appliqué pour chacune des structures syllabiques proposées (soit cinq items par type de fréquence, pour chaque structure). La base de données lexicales Manulex (Lété et al., 2004) a été utilisée. Les sujets voyaient toutes les conditions expérimentales (Tableau 13). Cinq listes expérimentales avaient été créées. Dans chaque liste, les items avaient été répartis de manière pseudo-aléatoire, c’est-à-dire afin qu’il y ait autant d’items de chaque catégorie dans chacune des listes. Cependant, les items étaient présentés dans un ordre aléatoire. Les participants voyaient toutes les listes, les unes à la suite des autres, intercalées de pauses.

Tableau 13. Exemples de l’ensemble des conditions expérimentales pour la tâche de décision lexicale.

	Mot		Remplisseur		Pseudohomophone	Pseudomot
	Fréquent	Peu fréquent	Fréquent	Peu fréquent		
CV	chapeau	saumon	sapin	toupie	chapo / somon	chifu / sinan
CCV	frère	crise	plage	frite	craire / crize	froume / crone
CVC	carte	valse	gorge	perle	karte / valce	kuste / vorte

2.3.4. Dispositif expérimental

Les stimuli étaient présentés visuellement par l’intermédiaire du logiciel PsyScope 1.2.5 (Cohen et al., 1993) sur l’écran d’un ordinateur portable Macintosh iBook, version Mac OS 9.2. Les enfants étaient assis approximativement à 57cm de l’écran. Ils devaient utiliser leurs index pour répondre ‘oui’ (touche ‘p’) ou ‘non’ (touche ‘a’). La disposition des touches de réponse reflétait la préférence manuelle droite. Les réponses et les temps de réponse étaient enregistrés.

2.3.5. Procédure

Chaque enfant était testé individuellement sur une session unique comportant plusieurs pauses. La tâche durait environ 10mn. Les stimuli étaient présentés en police ‘Chicago’, taille ‘48’ sur un écran blanc. L’enfant était d’abord habitué aux touches de réponse et aux différentes conditions expérimentales grâce à une liste d’essai contenant quatre items-tests. Il recevait comme instructions de répondre aussi vite et aussi précisément que possible si l’item présenté à l’écran était ou non un mot qui existe en français (Annexes I). L’expérience commençait après cet entraînement. Les items étaient présentés en lettres minuscules. Un point de fixation (i.e., ‘+’) s’affichait 500ms au centre de l’écran. Après sa disparition, le stimulus était affiché à sa place jusqu’à ce que l’enfant réponde. La séquence suivante débutait 500ms après la réponse de l’enfant. Une pause séparait chaque bloc expérimental dont la durée était décidée par l’enfant. L’expérimentateur n’intervenait jamais.

2.4. Hypothèses générale et opérationnelles

L'hypothèse générale était la suivante :

- Les enfants dyslexiques ont des déficits dans l'utilisation de la médiation phonologique et des règles CGP qui se traduisent par des difficultés en termes de vitesse et de précision pour traiter les pseudohomophones.

Nous défendons ainsi six hypothèses opérationnelles :

Hypothèses opérationnelle 5a : Chez les enfants dyslexiques, un déficit dans l'utilisation de la médiation phonologique qui sollicite les règles CGP devrait se marquer par un effet de lexicalité : les troubles en lecture de pseudomots et, *in extenso*, en lecture de pseudohomophones dans une langue transparente comme le français se répercuteront non seulement sur le nombre d'erreurs mais essentiellement sur des latences plus élevées des temps de réponse.

Hypothèse opérationnelle 5b : Chez les enfants dyslexiques, nous attendons un effet de fréquence lexicale grâce aux expositions à l'écrit qui, malgré des déficits phonologiques, reflèterait une capacité d'extraction de certaines consistances orthographiques et une relative préservation du lexique orthographique.

Hypothèse opérationnelle 5c : Chez les enfants normo-lecteurs de même âge chronologique, l'efficacité des procédures phonologiques et la stabilité du lexique orthographique n'engendreront qu'une augmentation des temps de réponse pour traiter les pseudohomophones par rapport aux pseudomots. Le recours automatique aux règles CGP favoriserait une réponse 'positive' pour les pseudohomophones (i.e., augmentation du nombre d'erreurs) mais le processus de vérification orthographique avec l'entrée lexicale ralentirait les temps de réponse et accroîtrait la précision des réponses. Cet effet n'est pas attendu pour les pseudomots dont la représentation phonologique n'interfère pas avec la représentation orthographique. Nous devrions donc trouver un compromis vitesse-précision, à savoir des temps de réponse plus longs pour rejeter les pseudohomophones mais un nombre d'erreurs équivalents au traitement des pseudomots. Chez les enfants normo-lecteurs de même âge lexicale, les temps de réponse et le nombre d'erreurs pour traiter les pseudohomophones devraient être supérieurs à ceux pour traiter les pseudomots.

Hypothèse opérationnelle 5d : Chez les enfants normo-lecteurs de même âge chronologique, avec l'exposition à l'écrit et aux régularités de la langue, nous devrions observer des temps de réponse et un nombre d'erreurs plus bas pour traiter les mots fréquents en comparaison des mots peu fréquents.

Hypothèse opérationnelle 5e : En accord avec les théories sur l’optimalité de la sonorité syllabique et conformément à de précédents résultats expérimentaux (e.g., Sprenger-Charolles & Siegel, 1997), nous observerons aussi bien chez les enfants appariés en âges chronologiques que lexiques, des temps de réponse et un nombre d’erreurs plus faibles pour traiter les syllabes universellement présentes les plus simples (i.e., CV ; Clements & Keyser, 1983). Compte tenu de difficultés spécifiques pour associer des graphèmes à des phonèmes, le développement d’une sensibilité à des unités plus larges telles que la syllabe, quelle que soit sa structure, ne devrait pas se retrouver chez les enfants dyslexiques.

Hypothèse opérationnelle 5f : Enfin, nous attendons des temps de réponse globaux plus courts et un nombre d’erreurs global plus faible chez les enfants appariés en âge chronologique par rapport aux enfants appariés en âge lexique. Cela respecterait l’automatisation progressive des procédures de traitement de l’écrit et la stabilisation des représentations orthographiques. Les performances des enfants dyslexiques devraient toutefois se situer à un niveau intermédiaire entre les deux groupes d’enfants normo-lecteurs.

2.5. Résultats

2.5.1. Introduction

Plusieurs analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été réalisées en prenant en compte, selon les conditions expérimentales, trois facteurs intra-sujets :

- à 2 modalités (i.e., Fréquence du Mot et du Remplisseur (fréquent et peu fréquent)),
- à 3 modalités (i.e., Structure de la Syllabe (CV, CCV et CVC)), et
- à 4 modalités (i.e., Type d’Item (mot, pseudohomophone, pseudomot et remplisseur)),

et sur un facteur inter-sujets à trois modalités (i.e., Groupe (DYSL, NLAL et NLAC) avec, comme variables aléatoires, les sujets ($F1$) et les stimuli ($F2$)).

De plus, le paradigme de la TDS a été employé afin de déterminer la sensibilité (i.e., d') des enfants à la tâche.

Les plans expérimentaux généraux de cette expérience sont donc les suivants :

- pour $F1$, avec les réponses ‘oui’, $S_{15}\langle G_3 \rangle * I_2 * Sy_3 * F_2$, avec les réponses ‘non’, $S_{15}\langle G_3 \rangle * I_2 * Sy_3$,
- pour $F2$, avec les réponses ‘oui’, $I_{10}\langle Sy_3 * F_2 \rangle * G_3$, avec les réponses ‘non’, $I_{20}\langle Sy_3 \rangle * G_3$ ³¹.

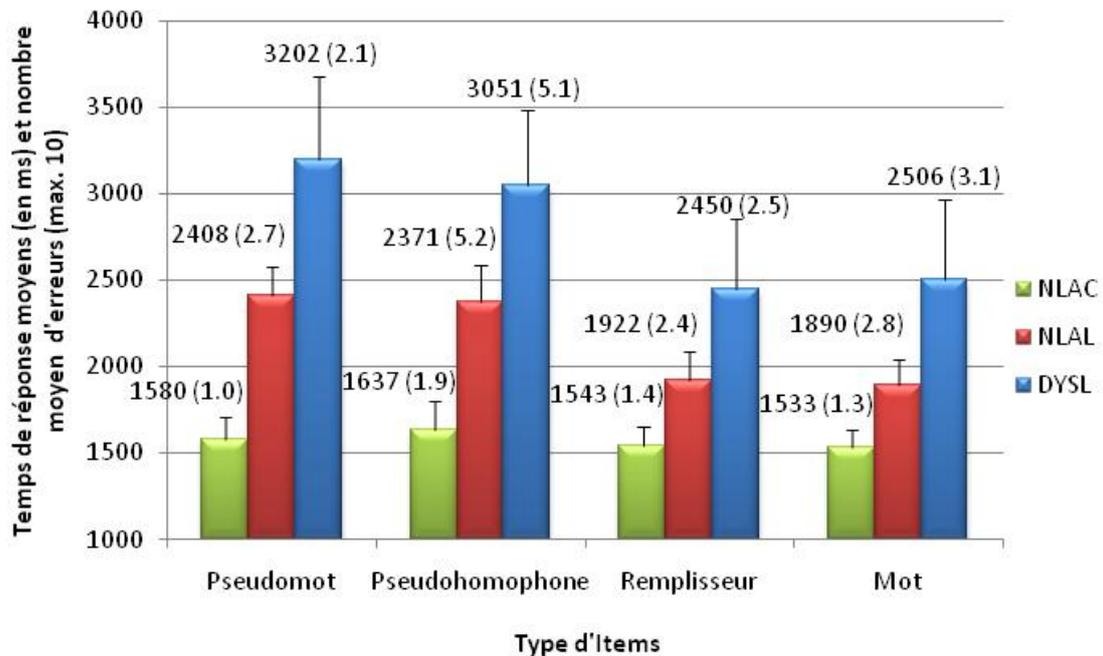
³¹ Type d’Items = I ; Fréquence du Mot et du Remplisseur = F ; Structure de la Syllabe = Sy ; Groupe = G ; Sujet = S et Item = I.

Seuls les temps de réponse corrects ont été pris en considération lors des analyses sur les temps de réponse. Les temps de réponse corrects ont été standardisés (i.e., pour chaque sujet, les temps de réponse éloignés de la moyenne plus ou moins deux écarts-types étaient considérés comme des erreurs ; *trimming* d'environ 3.0% des données). Des analyses ont été menées sur les erreurs (environ 26.2% des données). Les données descriptives sont résumées dans le Tableau 14.

Tableau 14. Récapitulatif descriptif des temps de réponse moyens (en ms), de l'erreur standard (entre parenthèses) et du pourcentage d'erreur de chaque condition expérimentale pour les enfants NLAL, NLAC et DYSL.

			CV	CCV	CVC
NLAL	Mot	Fréquent	1679 (118) 12.0%	1710 (113) 10.7%	1559 (85) 54.7%
		Peu fréquent	1878 (136) 44.0%	2192 (174) 26.7%	2336 (276) 22.7%
	Remplisseur	Fréquent	1834 (196) 20.0%	1755 (106) 20.0%	1906 (167) 16.0%
		Peu fréquent	2070 (149) 25.3%	2022 (189) 28.0%	1944 (174) 34.7%
	Pseudomot		2424 (124) 30.0%	2488 (220) 22.7%	2313 (177) 28.7%
	Pseudohomophone		2255 (217) 51.3%	2491 (186) 55.3%	2366 (235) 49.3%
			CV	CCV	CVC
NLAC	Mot	Fréquent	1529 (60) 8.0%	1670 (93) 14.7%	1432 (144) 6.7%
		Peu fréquent	1432 (110) 12.0%	1595 (109) 25.3%	1540 (84) 13.3%
	Remplisseur	Fréquent	1446 (95) 8.0%	1567 (102) 8.0%	1464 (131) 9.3%
		Peu fréquent	1597 (116) 22.7%	1641 (87) 18.7%	1547 (105) 16.0%
	Pseudomot		1609 (115) 8.7%	1572 (111) 8.7%	1558 (165) 12.7%
	Pseudohomophone		1663 (148) 16.0%	1652 (175) 22.0%	1595 (161) 18.0%
			CV	CCV	CVC
DYSL	Mot	Fréquent	2239 (512) 16.0%	2561 (508) 18.7%	2305 (429) 12.0%
		Peu fréquent	2880 (462) 48.0%	2438 (379) 30.7%	2928 (486) 57.3%
	Remplisseur	Fréquent	2361 (437) 26.7%	2492 (413) 16.0%	1816 (290) 28.0%
		Peu fréquent	2880 (537) 30.7%	2444 (303) 26.7%	2590 (476) 24.0%
	Pseudomot		3140 (411) 20.0%	3347 (536) 24.0%	3117 (492) 19.3%
	Pseudohomophone		2896 (387) 52.7%	3250 (511) 50.0%	3009 (417) 48.7%

Figure 26. Temps de réponse moyens (en ms) et nombre moyen d'erreurs (max. 10) (entre parenthèses) pour les quatre types d'items (i.e., mot, remplisseur, pseudohomophone et pseudomot), en fonction des trois groupes d'enfants.



2.5.2. Analyse comparative des trois groupes d'enfants

2.5.2.1. Calcul du d' global

Une ANOVA à un facteur réalisée sur les d' pour les trois groupes d'enfants montre un effet principal significatif du facteur Groupe [$F_{(2, 42)} = 38.15, p < .0001, \eta^2 = 0.65$]. Un test t de Student indique que le critère de sensibilité des enfants NLAC ($d' = 2.2$) est plus élevé que celui des enfants NLAL ($d' = .94$) [$t[28] = 8.52 ; p < .0001$] et DYSL ($d' = 1.03$) [$t[28] = -7.02 ; p < .0001$]. La différence n'est pas significative entre enfants NLAL et DYSL.

2.5.2.2. Analyses sur les temps de réponse

L'ANOVA menée sur les facteurs Type d'Item (pseudohomophone et pseudomot), Structure de la Syllabe et Groupe n'indique qu'un seul effet principal significatif du facteur :

Groupe [$F_{1(2, 42)} = 7.16, p = .002, \eta^2 = 0.25, F_{2(2, 112)} = 221.14, p < .0001, \eta^2 = 0.80$] ; un test t de Student confirme que les enfants NLAC (1608ms) répondent plus rapidement que les enfants NLAL (2390ms) [$t[28] = -8.13 ; p < .0001$] et DYSL (3127ms) [$t[28] = 7.90 ; p < .0001$]. Les enfants NLAL sont également plus rapides pour répondre que les enfants DYSL [$t[28] = 3.68 ; p = .0003$].

L'ANOVA réalisée sur les facteurs Type d'Item (mot et remplisseur), Structure de la Syllabe, Fréquence et Groupe ne fait émerger que deux effets principaux significatifs des facteurs :

- Groupe [$F_{1(2, 42)} = 3.10, p = .05, \eta^2 = 0.60, F_{2(2, 104)} = 110.62, p < .0001, \eta^2 = 0.69$] ; un test t de Student confirme que les enfants NLAC (1608ms) répondent plus rapidement que les enfants NLAL (1907ms) et DYSL (2494ms), respectivement [$t[28] = -4.65 ; p < .0001$] et [$t[28] = 6.68 ; p < .0001$]. La différence entre enfants NLAL et DYSL est également significative [$t[28] = 4.36 ; p < .0001$].
- Fréquence [$F_{1(1, 42)} = 48.23, p < .0001, \eta^2 = 0.54, F_{2(1, 52)} = 11.23, p = .002, \eta^2 = 0.18$] ; les deux types d'items fréquents (1875ms) engendrent, dans l'ensemble, des latences de réponse plus courtes que pour les items peu fréquents (2132ms).

2.5.2.3. Analyses sur les erreurs

L'ANOVA conduite sur les facteurs Type d'Item (pseudohomophone et pseudomot), Structure de la Syllabe et Groupe révèle deux effets principaux significatifs des facteurs :

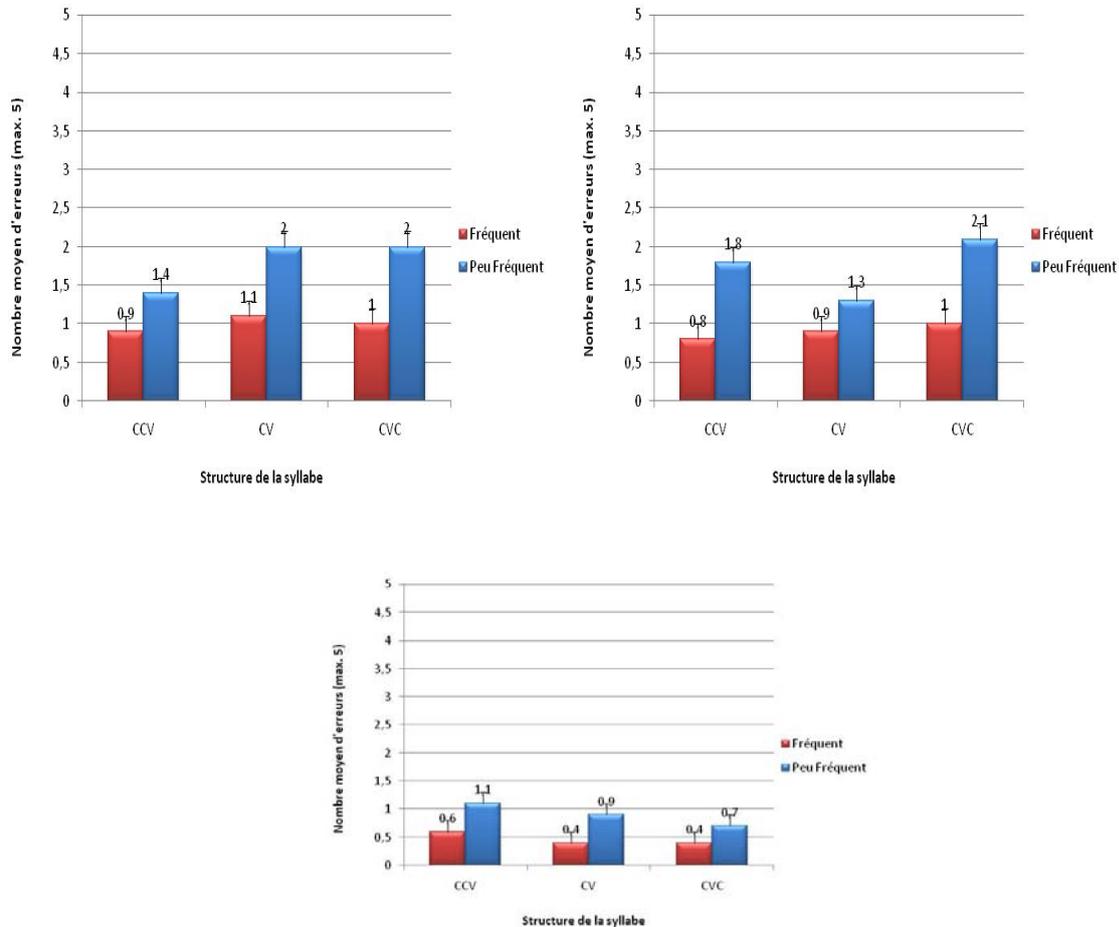
- Groupe [$F_{1(2, 42)} = 31.56, p < .001, \eta^2 = 0.60, F_{2(2, 112)} = 81.58, p < .0001, \eta^2 = 0.59$]. Un test t de Student révèle que les enfants DYSL (3.6) font significativement plus d'erreurs que les enfants NLAC (1.4) [$t[28] = -8.29 ; p < .0001$]. De même, la différence du nombre d'erreurs entre enfants NLAC et NLAL (4.0) s'avère significative [$t[28] = -9.10 ; p < .0001$].
- Type d'Item est également significative [$F_{1(1, 42)} = 42.16, p < .0001, \eta^2 = 0.50, F_{2(1, 56)} = 89.34, p < .0001, \eta^2 = 0.62$]. Les pseudohomophones (4.0) font commettre plus d'erreurs que les pseudomots (1.9).

L'ANOVA effectuée sur les facteurs Type d'Item (mot et remplisseur), Structure de la Syllabe, Fréquence et Groupe fait émerger deux effets principaux significatifs des facteurs :

- Groupe [$F_{1(2, 42)} = 10.21, p = .0002, \eta^2 = 0.33, F_{2(2, 104)} = 22.08, p < .0001, \eta^2 = 0.30$] ; un test t de Student montre que les enfants NLAC (0.7) commettent, globalement, moins d'erreurs que les enfants NLAL (1.3) [$t[28] = -6.63 ; p < .0001$] et DYSL (1.4) [$t[28] = 6.56 ; p < .0001$]. Il n'y a pas de différence significative entre enfants NLAL et DYSL.
- Fréquence [$F_{1(2, 42)} = 49.19, p < .0001, \eta^2 = 0.54, F_{2(1, 52)} = 32.01, p < .0001, \eta^2 = 0.38$] ; les items fréquents (0.8) provoquent moins d'erreurs que les items peu fréquents (1.5).

Enfin, les résultats obtenus permettent de dégager une double interaction significative uniquement lors de l'analyse par sujet, Groupe*Structure de la Syllabe*Fréquence [$F_{1(4, 84)} = 2.56, p = .04, \eta^2 = 0.11, F_2 < 1$] (Figure 27).

Figure 27. Nombre moyen d'erreurs (max. 5) pour l'interaction Groupe*Structure de la Syllabe*Fréquence, pour les enfants DYSL (graphique supérieur gauche), les enfants NLAL (graphique supérieur droit) et les enfants NLAC (graphique inférieur centre).



Compte tenu du résultat significatif obtenu pour l'interaction sur les erreurs pour laquelle nous n'avions aucune hypothèse (i.e., Groupe*Structure de la Syllabe*Fréquence), nous allons tenter d'étudier l'interaction Structure de la Syllabe*Fréquence en fonction du facteur Groupe (i.e., NLAC, NLAL et DYSL).

2.5.3. Analyse indépendante des trois groupes

2.5.3.1. Analyses chez les enfants DYSL

L'ANOVA réalisée sur les facteurs Type d'Item (pseudohomophone et pseudomot) et remplisseur) et Structure de la Syllabe met en évidence un effet significatif du facteur principal :

- Type d'Item, uniquement dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(3, 42)} = 29.23, p < .0001, \eta^2 = 0.68, F_{2(1, 56)} = 63.85, p < .0001, \eta^2 = 0.53$]. Les pseudohomophones (5.0) engendrent significativement plus d'erreurs que les pseudomots (3.0).

L'ANOVA conduite sur les facteurs Type d'Item (mot et remplisseur), Structure de la Syllabe et Fréquence met en évidence deux effets principaux significatifs des facteurs :

- Structure de la Syllabe, dans l'analyse sur les erreurs, uniquement dans l'analyse sur les sujets [$F_{1(2, 28)} = 4.36, p = .02, \eta^2 = 0.24, F_2 < 1$] ; les analyses de contrastes confortent que le nombre d'erreurs sur les structures CCV (1.2) est moins important que celui sur les structures CVC (1.5) [$F_{(1, 14)} = 5.67, p = .03, \eta^2 = 0.29$] ainsi que sur celui des structures CV (1.5) [$F_{(1, 14)} = 4.92, p = .04, \eta^2 = 0.26$].
- Fréquence, dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(1, 14)} = 17.98, p = .0008, \eta^2 = 0.56, F_{2(1, 52)} = 14.96, p = .0003, \eta^2 = 0.22$] ; les items fréquents (1.0) provoquent moins d'erreurs que les items peu fréquents (1.8).

2.5.3.2. Analyses chez les enfants NLAL

L'ANOVA réalisée sur les facteurs Type d'Item (pseudohomophone et pseudomot) et Structure de la Syllabe fait ressortir un seul effet principal significatif du facteur :

- Type d'Item, uniquement dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(1, 14)} = 10.70, p = .006, \eta^2 = 0.43, F_{2(1, 56)} = 39.60, p < .0001, \eta^2 = 0.41$]. Les pseudohomophones (5.2) entraînent significativement plus d'erreurs que les pseudomots (2.7) [$F_{(1, 14)} = 10.70, p = .006, \eta^2 = 0.43$].

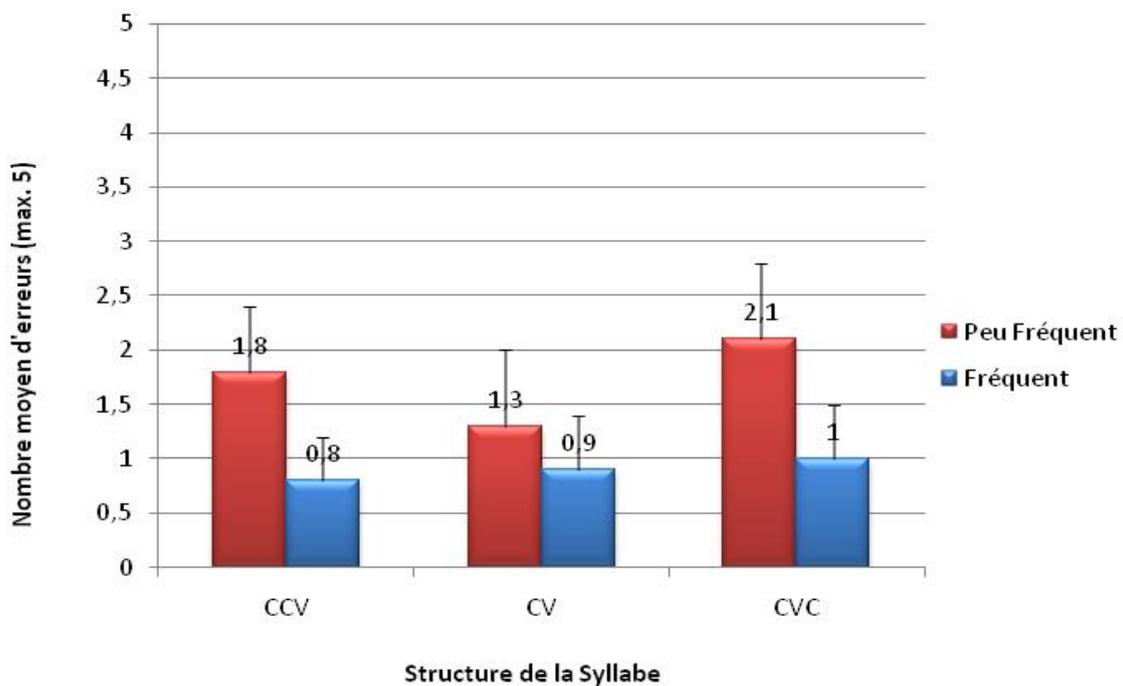
L'ANOVA conduite sur les facteurs Type d'Item (mot et remplisseur), Structure de la Syllabe et Fréquence met en relief deux effets principaux significatifs des facteurs uniquement dans l'analyse sur les erreurs :

- Structure de la Syllabe, dans l'analyse par sujet [$F_{1(2, 28)} = 9.36, p = .0008, \eta^2 = 0.40, F_2 < 1$] ; les analyses de contrastes attestent que le nombre d'erreurs sur les structures CV (1.1) est moins important que celui sur les structures CVC (1.6) [$F_{(1, 14)} = 17.08, p = .001, \eta^2 = 0.55$], ces dernières étant moins bien détectées que les structures CCV (1.3) [$F_{(1, 14)} = 7.00, p = .02, \eta^2 = 0.33$].
- Fréquence [$F_{1(1, 14)} = 16.10, p = .001, \eta^2 = 0.54, F_{2(1, 52)} = 15.55, p = .0002, \eta^2 = 0.23$] ; les items fréquents (0.9) entraînent moins d'erreurs que les items peu fréquents (1.7).

Enfin, l'interaction Structure de la Syllabe*Fréquence ressort significative exclusivement dans l'analyse par sujet [$F_{1(2, 28)} = 4.63, p = .02, \eta^2 = 0.25, F_2 < 1$] (Figure 28). Un test post-hoc de Tukey permet de préciser les facteurs responsables de l'interaction :

- la structure S_{CVC} peu fréquente (2.1) est significativement impliquée dans plus d'erreurs que les structures S_{CVC} fréquente (1.0) ($p = .0002$), S_{CV} fréquente (0.9) ($p = .0002$) et S_{CCV} fréquente (0.8) ($p = .0001$), et
- la structure S_{CCV} peu fréquente (1.8) fait commettre significativement plus d'erreurs que les structures S_{CVC} fréquente ($p = .003$), S_{CV} fréquente ($p = .002$) et S_{CCV} fréquente ($p = .0004$).

Figure 28. Nombre moyen d'erreurs (max. 5) pour l'interaction Structure de la Syllabe*Fréquence, avec les facteurs Type d'Item, Structure de la Syllabe et Fréquence, chez les enfants NLAL.



2.5.3.3. Analyses chez les enfants NLAC

L'ANOVA menée sur les facteurs Type d'Item (pseudohomophone et pseudomot) et Structure de la Syllabe montre un unique effet principal significatif dans l'analyse sur les erreurs du facteur :

- Type d’Item [$F_{1(1, 14)} = 12.28, p = .004, \eta^2 = 0.47, F_{2(3, 108)} = 14.01, p = .0004, \eta^2 = 0.20$] ; les pseudohomophones (1.9) font commettre significativement plus d’erreurs que les pseudomots (1.0) [$F_{(1, 14)} = 12.28, p = .004, \eta^2 = 0.47$].

L’ANOVA réalisée sur les facteurs Type d’Item (mot et remplisseur), Structure de la Syllabe et Fréquence met en évidence un seul effet principal significatif dans l’analyse sur les erreurs du facteur :

- Fréquence [$F_{1(1, 14)} = 22.86, p = .0003, \eta^2 = 0.62, F_{2(1, 52)} = 15.52, p = .0002, \eta^2 = 0.23$] ; les items fréquents (0.5) sont sujets à moins d’erreurs que les items peu fréquents (0.9).

2.6. Discussion

Dans cette expérience, nous avons employé une tâche de décision lexicale manipulant le statut des items : pseudomot, pseudohomophone et mot. La tâche a été proposée à des enfants dyslexiques développementaux appariés à des enfants normo-lecteurs de même âge chronologique et de même âge lexique. L’objectif majeur était de préciser la mise en place et le fonctionnement des procédures phonologiques et orthographiques auprès d’enfants avec et sans troubles de la lecture. La tâche tentait également d’évaluer les habiletés de ces enfants pour traiter la complexité des structures syllabiques et la fréquence lexicale. Enfin, il s’agissait de confronter les comportements des trois populations d’enfants entre elles.

Tout d’abord, nous constatons que la comparaison du critère de sensibilité estimé par le d' met en évidence une première distinction entre les différents groupes d’enfants. Les enfants NLAC ont des capacités de discrimination plus élevées que les enfants NLAL et DYSL. Cependant, cette capacité de discrimination n’est pas différente entre les enfants NLAL et DYSL. Nous pouvons interpréter ce premier ensemble de résultats selon deux axes. Les enfants NLAC possèdent un seuil de sensibilité plus élevé parce que la tâche est trop simple à réaliser, ce que nous rejetons dans la mesure où même les adultes présentent des difficultés à effectuer sans erreur ce type de tâche (e.g., Rubenstein et al., 1971). Plus probablement, les enfants NLAC ont développé des habiletés phonologiques et orthographiques avec l’apprentissage qui leur permettent de mieux catégoriser les items comme étant ou non des mots de la langue. La différence significative entre les enfants NLAC et les enfants NLAL et DYSL s’explique par le manque d’efficacité des procédures de traitement. Pour les enfants NLAL, ce serait certainement le manque de confrontation avec l’orthographe et la fragilité des connaissances phonologiques – seules informations sur lesquelles les enfants s’appuieraient en premier lieu – qui seraient responsables de la faiblesse des capacités de discrimination. En revanche, pour les enfants DYSL,

ce serait la déficience des procédures – phonologiques et/ou orthographiques – plutôt qu’une inexpérience avec les règles CGP et l’écrit qui serait la cause de ces *contre-performances* compte tenu de leur âge chronologique. Toutefois, cette interprétation demeure compatible avec l’absence de différences des capacités de discrimination des enfants NLAL avec celles des enfants DYSL : dans un cas, le manque d’efficacité des procédures bloque la progression des automatismes et des habiletés des enfants DYSL à un stade primaire de connaissances tandis que dans le cas des enfants NLAL, les débuts de l’apprentissage de la lecture ne fournissent qu’un ensemble limité de compétences, proches dans leur vitesse et dans leur précision que celles auxquelles sont restreintes les enfants DYSL.

Les analyses portant sur les temps de réponse et sur les erreurs pour les trois groupes d’enfants dans la confrontation des pseudohomophones et des pseudomots d’une part et des mots avec les remplisseurs d’autre part apportent des éléments validant partiellement certaines de nos hypothèses. En effet, conformément à l’une de nos prédictions, les performances des enfants NLAC, NLAL et DYSL diffèrent significativement au niveau de la vitesse des réponses. Les enfants NLAC, plus expérimentés, catégorisent plus rapidement les items que les enfants NLAL qui eux-mêmes répondent plus brièvement que les enfants DYSL. Cette dernière différence témoigne d’une difficulté particulière au niveau de la vitesse de traitement des enfants DYSL, conformément à ce que rapporte la littérature sur le comportement déviant des enfants DYSL lorsqu’ils sont comparés à des enfants plus jeunes de même âge lexique (e.g., Grainger et al., 2003 ; Sprenger-Charolles et al., 2000 ; Ziegler et al., 2003).

Par ailleurs, nous obtenons un effet de la fréquence lexicale. Les items fréquents provoquent moins d’erreurs et sont traités plus rapidement que les items peu fréquents. Bien que nous ayons fait l’hypothèse d’un effet de fréquence pour les enfants NLAC et DYSL, la présence d’un tel effet ne devrait pas se manifester chez les enfants NLAL. Or, lorsque nous nous reportons aux résultats de chacun des groupes, nous constatons que les trois groupes d’enfants manifestent une sensibilité à la fréquence lexicale. Comme nous le proposons pour les enfants NLAC, il s’agit-là d’un effet attendu assez classique si l’on considère l’expérience et l’automatisation des traitements chez les enfants les plus âgés qui peuvent directement se référer à des connaissances orthographiques. Pour les enfants DYSL, nous pouvons rapprocher ce comportement d’une capacité d’extraction de certaines régularités orthographiques et de la construction d’un lexique orthographique, même partielle. En revanche, pour les enfants NLAL, ce résultat apparaît plus difficile à envisager. La seule interprétation plausible que nous pouvons exposer serait d’accepter la mise en place déjà efficace de la procédure lexicale chez les enfants les plus jeunes. Cela

renseignerait indirectement sur l'efficacité de la procédure non-lexicale qui conditionne le développement de la voie lexicale, malgré la faible expérience en lecture dont ils disposent.

L'analyse comparative des erreurs pour les trois populations d'enfants ne valide à nouveau qu'en partie l'une de nos hypothèses. En effet, les enfants NLAC commettent moins d'erreurs que les enfants NLAL et DYSL. Ils sont non seulement plus performants en termes de vitesse mais également en termes de précision par rapport à des enfants plus jeunes ou présentant un profil atypique de lecture. Cependant, les enfants DYSL ne se situent pas à un niveau intermédiaire entre les performances des enfants NLAC et NLAL comme nous le supposions. Ce résultat s'accorde avec l'idée selon laquelle la manifestation des troubles phonologiques des enfants DYSL s'observerait, en français, essentiellement lorsque l'on prend en compte la vitesse et non la précision (Sprenger-Charolles et al., 2000). Cependant, nous pouvons faire l'hypothèse qu'un ralentissement des temps de réponse chez les enfants DYSL permet de compenser très faiblement la qualité des réponses, ce qui expliquerait l'absence de différences dans la précision des réponses entre enfants NLAL et DYSL en offrant un niveau proche des compétences des enfants NLAL. En revanche, quel que soit le groupe d'enfants, il apparaît que les pseudohomophones sont les items qui sont les plus difficiles à rejeter et sont sujets au plus grand nombre d'erreurs. Nous proposons plus loin une explication potentielle pour expliquer et unifier ce résultat aux trois groupes d'enfants.

En nous intéressant plus particulièrement aux enfants DYSL, nous voyons un effet du type d'item restreint aux erreurs dans la comparaison des pseudohomophones et des pseudomots. Les pseudohomophones engendrent un nombre d'erreurs supérieurs aux pseudomots. Dans un premier temps, ce résultat atteste d'une capacité encore indéterminée pour solliciter des traitements phonologiques. Dans un second temps, ce résultat qui témoigne d'une capacité à recourir à la médiation phonologique renvoie également à des déficits dans l'utilisation d'un mécanisme secondaire de *rejet orthographique*. Enfin, l'augmentation du nombre d'erreurs indique que les enfants DYSL s'appuient sur des processus phonologiques (i.e., qualité de l'accès et des représentations stockées) qui sont tout de même plus laborieux que les enfants qui ont le même âge chronologique.

Les pseudomots entraînent ainsi un nombre d'erreurs plus faible que les pseudohomophones. Ce comportement met parfaitement en avant les confusions dont souffrent les enfants DYSL lorsqu'ils usent de traitements phonologiques. L'utilisation de la médiation phonologique ne permet pas à ces enfants d'accéder à la représentation lexicale qui contient, notamment, la sémantique. Cela peut signifier qu'ils tendent à accepter des mots dont toutes les

caractéristiques orthographiques et phonologiques sont proches de celles de vrais mots sans parvenir à en extraire l'information pertinente. Cela revient à penser que les enfants feraient des lexicalisations sur les pseudomots. Cette hypothèse renforcerait l'explication d'une diminution du nombre d'erreurs tout en restant compatible avec l'augmentation des temps de réponse qui dépend – et est contrainte – par le recours à une procédure phonologique puisqu'aucune stratégie lexicale n'est disponible. Quant à l'effet de fréquence lexicale retrouvée chez ces enfants, il précise que les enfants DYSL disposent de connaissances orthographiques sur certains mots rencontrés fréquemment, compétences lexicales certainement insuffisantes pour éviter les erreurs rencontrées avec les pseudohomophones.

Par ailleurs, pour traiter les items lexicaux, les enfants DYSL sont influencés par la structure syllabique dans la précision de leurs réponses, ce qui va à l'encontre de notre hypothèse. Ils acceptent plus facilement les mots – et les remplisseurs – comme des items lexicaux lorsque ceux-ci comportent une structure syllabique ouverte CCV composée d'un cluster consonantique complexe par rapport à une syllabe optimale CV ou à une syllabe fermée de type CVC. Alors que nous prédisions l'absence d'une quelconque sensibilité à la structuration syllabique causée par une incapacité à s'appuyer sur des unités phonologiques syllabiques, consécutivement à la maîtrise des CGP, les enfants DYSL sembleraient avoir développé des habiletés pour traiter certaines catégories syllabiques. Bien qu'ayant une préférence pour une syllabe ouverte, plus fréquente en français, il est difficile de comprendre pourquoi la structure CCV, plus rare et plus complexe que la structure CV serait privilégiée par les enfants DYSL, d'autant plus que cela ne se retrouve que sur la précision et non sur la vitesse des réponses.

L'étude spécifique des enfants NLAL met aussi en évidence une modulation dans la précision des réponses fournies selon qu'ils traitent des items qui existent ou non dans la langue. Comme avec les enfants DYSL, les enfants NLAL font plus d'erreurs pour rejeter les pseudohomophones que les pseudomots. Le recours à la médiation phonologique pour catégoriser les pseudomots fonctionnerait à première vue un peu plus efficacement. Les règles CGP sont maîtrisées et permettent à de jeunes enfants de décoder des items qu'ils n'ont jamais rencontrés auparavant et qui ne constituent pas des mots du lexique. La différence du nombre d'erreurs s'explique par l'utilisation différenciée de deux modes de traitements selon que les enfants sont confrontés à des mots ou des pseudomots (ou à des pseudohomophones). Dans le premier cas, il y aura des possibilités d'appariement immédiat entre la forme visuelle et la représentation lexicale, notamment pour les mots fréquents (d'ailleurs, un effet de fréquence lexicale est mis en relief chez ces enfants). Même si pour les mots peu fréquents, les enfants NLAL s'appuient sur une procédure phonologique grapho-phonémique voire grapho-syllabique plus coûteuse, les

performances des pseudomots ou des pseudohomophones, qui requièrent systématiquement un mécanisme de conversion grapho-phonologique, seront forcément moins avantageuses en vitesse et en précision dans la mesure où un traitement supplémentaire serait nécessaire en faisant appel à la sémantique et à l'orthographe pour assurer la plausibilité de l'item.

Conformément à notre hypothèse, la structure syllabique occupe une place importante. Si l'effet principal de la structure de la syllabe indique clairement une plus grande précision pour traiter les syllabes CV. Les structures CV sont mieux traitées que les structures fermées CVC (voir aussi Sprenger-Charolles et Siegel, 1997). De même, les structures CCV font commettre moins d'erreurs que les structures CVC. Nous constatons donc, par ce résultat, que la syllabe occupe un rôle important, précocement dans l'apprentissage de la lecture et exclusivement dans le traitement des items lexicaux. Les enfants NLAL sont d'ailleurs sensibles aux structures syllabiques les plus présentes dans leur langue, à savoir les syllabes ouvertes et notamment la syllabe optimale CV qui représente *l'idéal de sonorité* (Clements, 1990 ; Encrevé, 1988). Plus la syllabe présente une complexité ou une atypie particulière, moins bien elle sera encodée. Il est possible de rapprocher ce résultat d'une habileté qui se met progressivement en place pour traiter des unités larges de la langue et dont le développement est possible grâce à la maîtrise des règles CGP et aux connaissances implicites nées des expositions au langage oral. Cependant, cette aptitude pourrait ne s'effectuer, dans un premier temps, qu'à partir de syllabes simples pour évoluer petit à petit vers la manipulation de structures plus complexes (e.g., CVC) comme ce que nous avons mis en relief chez des enfants de CM₂ (cf. Chapitre 8, Partie 1.5.5.).

Enfin, l'effet de fréquence lexicale présenté plus haut pour les enfants NLAL est également conditionné par la structure de la syllabe. Il apparaît que la structure CVC, déjà sujette à beaucoup d'erreurs, entraîne le plus grand nombre d'erreurs lorsqu'elle est associée à des items lexicaux peu fréquents comparativement à n'importe quelle structure présente à l'initiale d'items lexicaux fréquents. De même, la structure CCV couplée à des mots peu fréquents entraîne plus de difficultés que le traitement de n'importe quelle structure associée des items lexicaux fréquents.

Enfin, l'analyse des données obtenues chez les enfants NLAC montre que seule la précision est à nouveau un critère significatif des comportements adoptés selon les facteurs manipulés. En effet, il ressort que la catégorisation des pseudohomophones est moins bien effectuée que celle des pseudomots. Cet effet ne s'accorde pas avec notre hypothèse. Alors que nous estimions que la perte de temps causée par une analyse phonologique suivie d'une vérification orthographique pénaliseraient le traitement des pseudohomophones et auraient comme conséquences un accroissement de la précision des réponses, les enfants NLAC n'ont aucun gain de précision ni, apparemment, aucune pénalité de vitesse. Ces données suggèrent que

les procédures employées par les enfants NLAC seraient aussi *rapides* qu'il s'agisse de lire des pseudomots ou des pseudohomophones. Cela paraît surprenant et incongru si l'on se réfère à un autre résultat : l'effet de fréquence lexicale qui détermine que les items lexicaux sont traités par deux mécanismes différents, un très rapide pour les items fréquents et l'autre, plus lent, pour les items peu fréquents. Cela implique potentiellement le développement de certains automatismes qui semblent être préjudiciables aux enfants NLAC sauf que nous ne pouvons pas statuer sur lesquels.

Les résultats que nous mettons en relief dans cette tâche montrent assez clairement les difficultés qu'engendrent le traitement de pseudohomophones et ce, de manière plus conséquente que des pseudomots, que ce soit auprès d'enfants normo-lecteurs jeunes et plus âgés ou d'enfants dyslexiques. Généralement, les effets de pseudohomophonie s'expliquent, chez l'adulte, par le recours automatique, non-stratégique, précoce et rapide des informations phonologiques. L'argument du recours à la médiation phonologique en lecture de pseudomot chez les enfants n'est plus à démontrer (e.g., en français, Sprenger-Charolles et al., 2003 ; Sprenger-Charolles et al., 1998). Cet effet de pseudohomophonie provient d'un conflit entre la représentation phonologique activée par l'utilisation des règles CGP et la représentation orthographique. Chez les enfants NLAL, NLAC et même chez les enfants DYSL, nous observons un nombre d'erreurs plus élevés pour catégoriser les pseudohomophones comme étant des items non lexicaux, comparativement aux pseudomots.

Ce pattern de réponse traduit bien un recours aux règles phonologiques de conversion, plus longues à mettre en place qu'un appariement orthographique direct, et dont le résultat abouti à l'acceptation du pseudohomophone comme un item lexical puisque l'appariement ne s'effectue que sur une base phonologique. En effet, pour les enfants NLAL, il est difficile de concevoir que le lexique orthographique soit suffisamment riche en informations lexicales pour permettre l'élaboration d'un mécanisme de vérification orthographique comme le proposent Rubenstein et al. (1971) chez l'adulte. D'autant plus, si un tel mécanisme existait déjà chez les enfants en début d'apprentissage de la lecture, alors seuls les temps de réponse devraient augmenter, pas la précision des réponses qui, au contraire, seraient améliorées en retour de la vérification orthographique.

Pour les enfants DYSL, le problème peut être envisagé différemment. Tout d'abord, nous voyons que les enfants DYSL sont capables d'effectuer des traitements phonologiques dans la mesure où ils sont capables de catégoriser des pseudohomophones et des pseudomots comme étant des items non lexicaux. Toutefois, les déficits de précision n'ont probablement pas la même origine que ceux retrouvés chez les enfants NLAL, d'autant plus que les enfants DYSL sont

globalement plus lents que les enfants NLAL tout en commettant un nombre d'erreurs comparable. Les enfants DYSL auraient plus de difficultés pour utiliser les règles CGP compte tenu des déficits de leurs compétences phonémiques. L'application séquentielle des règles CGP serait entravé par un système de représentations phonémiques altéré ou sous-spécifié (e.g., Swan & Goswami, 1997) rendant la conversion plus laborieuse mais aussi plus erronée. À l'inverse des enfants NLAL qui commettent beaucoup d'erreurs parce qu'ils ne disposent pas encore d'un lexique orthographique pleinement spécifié, malgré une utilisation correcte de l'information phonologique en cours de développement, les enfants DYSL s'appuient sur des connaissances approximatives et appauvries des règles CGP alors qu'ils sont plus âgés. De ce fait, la dégradation des représentations phonologiques empêche la mise en place d'une procédure orthographique pleinement efficiente pour contacter le lexique orthographique et réaliser les opérations de correction. Cela ne devrait pas se produire avec les enfants NLAL qui, au fur et à mesure de leurs apprentissages, pourront utiliser des connaissances orthographiques pour affiner leurs réponses.

D'un point de vue descriptif (Figure 26), que ce soit chez les enfants DYSL, NLAL ou NLAC, nos résultats indiquent que les pseudohomophones et les pseudomots engendrent des temps de réponse et/ou un nombre d'erreurs plus importants que les mots et les remplisseurs. Cependant, cela semble plus particulièrement vrai pour les enfants NLAL et DYSL. Seul le traitement des pseudohomophones apparaît comme plus pénible comparativement aux items lexicaux chez les enfants NLAC. Un traitement plus efficace des mots et des remplisseurs atteste donc d'un effet de lexicalité.

L'amélioration des performances induites par l'affranchissement du passage par une procédure phonologique pour certains des items lexicaux (i.e., les items fréquents) ressort assez clairement de la comparaison strictement visuelle entre items lexicaux et items non lexicaux. Cette observation renforce l'idée d'un traitement plus lent pour traiter des items qui nécessitent obligatoirement une conversion grapho-phonémique. Il n'est effectivement pas possible, même partiellement, de recourir à un traitement visuo-orthographique, comme celui envisagé pour lire les items lexicaux fréquents, pour lire des pseudohomophones et des pseudomots. Cette comparaison non statistique nous permet de confirmer notre interprétation selon laquelle le conflit entre représentation phonologique et représentation orthographique prend du temps à être résolu – lorsque cette résolution est atteinte – et explique les différences entre pseudohomophones et items lexicaux. Toutefois, le traitement des pseudomots semble proche dans la qualité (i.e., nombre d'erreurs) de celui des items lexicaux, ce qui renforce notre hypothèse interprétative selon laquelle les différences statistiques observées entre pseudohomophones et pseudomots pourraient être la résultante d'un phénomène de lexicalisation partielle des pseudomots.

Enfin, d'une certaine manière, l'absence de différences entre les mots et les remplisseurs dénote d'un choix harmonisé du matériel.

En résumé, malgré des profils de réponse proches entre les enfants NLAL et DYSL, les origines en sont différentes : manque d'expérience avec la langue qui devrait se résorber progressivement pour les enfants NLAL et déficits dans les procédures phonologiques chez les enfants DYSL. D'ailleurs, l'hypothèse selon laquelle les enfants NLAL deviendront de plus en plus performants est corroborée par nos données recueillies chez les enfants NLAC. En effet, les enfants NLAC sont plus rapides et plus précis que les enfants NLAL et DYSL. Leurs capacités de discrimination sont également supérieures alors que celles ces enfants NLAL et DYSL ne se différencient pas.

Pour conclure, nous attestons de la présence de déficits phonologiques chez les enfants DYSL en ce sens qu'ils sont plus lents que des enfants plus jeunes de même âge lexique même s'ils parviennent à commettre autant d'erreurs. Qu'ils n'atteignent pas les performances des enfants de même âge chronologique signale clairement des déficits dans l'automatisation des procédures, des altérations dans la qualité des opérations et des dégradations dans la quantité et la qualité des représentations stockées en mémoire. Pour expliquer les difficultés des enfants DYSL qui ne portent pas toujours sur les mêmes indicateurs, il est possible d'envisager que les enfants DYSL adoptent une stratégie privilégiant, lorsque cela leur est permis, la vitesse ou la précision au détriment de l'autre. Cependant, les patterns de réponse des enfants DYSL, bien qu'éloignés de ceux des enfants NLAC, ne sont pas totalement divergents de ceux des enfants NLAL. Au contraire, ils convergent au niveau du nombre d'erreurs et seuls les temps de réponse les différencient. À ce titre, est-il possible de trancher en faveur d'une déviance plutôt que d'un retard pour cette population d'enfants DYSL ? Il reste difficile de plaider pour l'un des deux car les temps de réponse abonderaient en faveur d'une déviance tandis que la similarité des autres compétences (i.e., nombre d'erreurs, type d'item engendrant des difficultés, sensibilité syllabique, effet de fréquence lexicale...) entre les deux groupes d'enfants, et mêmes avec certains comportements des enfants NLAC, nous orienterait vers un retard développemental.

CHAPITRE 11

– Traitement syllabique, caractéristiques linguistiques & phonotactiques chez des enfants dyslexiques & normo-lecteurs –

1. Étude comparative auprès d'enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs dans la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots

1.1. Introduction

Après avoir caractérisé le niveau des connaissances phonologiques et d'efficacité des procédures phonologiques et orthographiques, nous avons comme objectif prioritaire l'étude spécifique du rôle des unités syllabiques dans une tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots. Nous recherchons le degré d'implication de la syllabe en lecture silencieuse. Nous espérons tester l'effet de compatibilité syllabique et l'influence des fréquences syllabiques et lexicales chez des enfants dyslexiques développementaux afin de préciser d'une part, leurs mécanismes de lecture et d'autre part, de comparer leurs traitements et leurs performances à ceux d'enfants normo-lecteurs appariés en âges chronologiques et lexiques.

1.2. Rappel de la problématique

La problématique est sous-tendue par trois questions : – les enfants dyslexiques avec troubles phonologiques peuvent-ils s'appuyer sur des procédures phonologiques basées sur la syllabe ? – la fréquence syllabique écrite constitue-elle un indice de familiarité suffisant pour permettre aux enfants dyslexiques un accès prélexical ? – les traitements des enfants dyslexiques se différencient-ils des traitements appliqués par des enfants normo-lecteurs de même âge lexique et chronologique ?

1.3. Méthode

1.3.1. Participants

Quinze enfants diagnostiqués dyslexiques (i.e., DYSL) avec troubles phonologiques ont participé à cette expérience. Ils ont été appariés à deux populations d'enfants normo-lecteurs : les quinze enfants de même âge chronologique (i.e., NLAC) retenus lors des deux expériences précédentes ainsi que quinze enfants de même âge lexique qui ont été retenus parmi les vingt enfants testés au CP dans l'approche développementale (i.e., NLAL) (Tableau 15)³².

Tableau 15. Caractéristiques des trois populations d'enfants pour la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots.

	Populations d'enfants		
	DYSL	NLAC	NLAL
Âge chronologique	10 ans et 1 mois σ : 12.2	10 ans et 4 mois σ : 12.3	6 ans et 9 mois σ : 3.4
Âge lexique	7 ans et 5 mois σ : 4.9	11 ans et 5 mois σ : 5.3	7 ans et 5 mois σ : 4.3

Tous les enfants normo-lecteurs étaient de langue maternelle française, droitiers et sans problèmes psychologiques, comportementaux ou neurologiques. Ils n'étaient ni redoublant ni en avance. Enfin, ils avaient tous une vue normale ou corrigée.

1.3.2. Tests de lecture

Les enfants normo-lecteurs ont tous réalisé un test de lecture afin d'écartier tout trouble possible en lecture. Nous avons à nouveau utilisé le TIMÉ 2 (Écalte, 2003) pour les enfants NLAL et le TIMÉ 3 (Écalte, 2006) pour les enfants NLAC. Aucune analyse statistique n'a été menée sur les scores. Dans ce cas-là, tous les enfants présentent des profils de normaux en lecture. Pour les enfants DYSL, nous nous sommes appuyés sur les scores réalisés au test de l'Alouette (Lefavrais, 1965) fournis par les personnes responsables dans chacun des établissements hospitaliers visités.

1.3.3. Stimuli

Les stimuli employés sont similaires à ceux employés dans l'expérience réalisée selon une approche développementale (cf. Chapitre 8, Partie 1.3.3.).

³² Les enfants DYSL ont été recrutés en partie au Pavillon U de l'Hôpital Edouard Herriot à Lyon (France) sous la supervision d'Evelyne Veuillet et en partie à l'Hôpital Debrousse à Lyon (France) avec l'aide de Sonia Krifi.

1.3.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est le même que celui utilisé et décrit Chapitre 8 (cf. Partie 1.3.4.).

1.3.5. Procédure

La procédure est identique à celle utilisée et détaillée Chapitre 8 (cf. Partie 1.3.5.).

1.4. Hypothèses générale et opérationnelles

L'hypothèse générale était la suivante :

- Les enfants dyslexiques n'utilisent pas de procédure phonologique syllabique en reconnaissance visuelle de mots mais plutôt une procédure visuelle séquentielle ou éventuellement une procédure phonologique phonémique, quelle que soit la fréquence lexicale et syllabique.

Nous proposons ainsi cinq hypothèses opérationnelles :

Hypothèse opérationnelle 6a : Chez les enfants dyslexiques, le niveau de lecture et les habiletés phonologiques sont inférieurs à ceux escomptés normalement. Le faible niveau de lecture aurait comme origine des déficits phonologiques et plus particulièrement phonémiques qui gêneraient l'apprentissage et la maîtrise des règles CGP. Ainsi, cela entraverait l'utilisation des procédures phonologiques grapho-phonémique et grapho-syllabique. Cependant, l'exposition à l'écrit et l'apprentissage partiel ou altéré de l'écrit pourraient avoir permis la construction de connaissances orthographiques minimales. Nous devrions donc mettre en évidence un effet de fréquence lexicale et syllabique. De plus, nous prédisons une absence de recours à une quelconque procédure phonologique et donc un effet de longueur de cible quelle que soit la fréquence des syllabes car les enfants recourraient à un traitement visuel séquentiel lettre à lettre.

Hypothèse opérationnelle 6b : Chez les enfants appariés en âge lexicale, nous attendons un effet de la fréquence syllabique comme facteur de modulation des procédures phonologiques utilisées : avec les syllabes fréquentes, nous devrions obtenir un effet de compatibilité syllabique renvoyant à un traitement phonologique grapho-syllabique tandis qu'avec les syllabes peu fréquentes, un effet de longueur de cible est escompté, à savoir un traitement plus rapide des cibles CV par rapport aux cibles CVC qui témoignerait du recours à une procédure phonologique grapho-phonémique.

Hypothèse opérationnelle 6c : Chez les enfants appariés en âge chronologique, nous prédisons des patterns de résultats influencés par la fréquence syllabique : un effet de compatibilité syllabique avec les cibles peu fréquentes mais un effet de longueur de cible en faveur des cibles CV avec les cibles fréquentes, signe d'un traitement visuo-orthographique.

Hypothèse opérationnelle 6d : Chez les enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques, nous faisons l'hypothèse que les syllabes fréquentes seront globalement mieux traitées que les syllabes peu fréquentes tandis qu'un effet de fréquence lexicale ne devrait se manifester qu'avec les enfants les plus âgés, si l'on tient compte de leur stock de connaissances orthographiques élaborées avec la répétition des expositions à l'écrit.

Hypothèses opérationnelle 6e : En fonction du degré d'expertise (i.e., automatisation) et d'habileté motrice, nous devrions avoir une différence globale de la vitesse des traitements entre les différents groupes, c'est-à-dire des temps de réponse qui décroissent entre les enfants normo-lecteurs appariés en âge lexicale et ceux appariés en âge chronologique. Cependant, les performances des enfants dyslexiques, inhérentes aux habiletés tout de même développées compte tenu de leurs âges chronologiques et des expositions répétées à l'écrit, devraient se situer à un niveau intermédiaire entre les deux groupes d'enfants normo-lecteurs.

1.5. Résultats

1.5.1. Introduction

Comme dans les expériences précédentes, des analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été conduites selon les plans expérimentaux généraux suivants :

- pour $F1$, $S_{15} < G_3 > * M_2 * Mf_2 * C_2 * Cf_2$,
- pour $F2$, $I_{12} < M_2 * Mf_2 > * C_2 * Cf_2$ ³³.

Seuls les temps de réponse corrects ont été pris en considération lors des analyses. Les temps de réponse corrects ont été ici également standardisés (*trimming* d'environ 4.7% des données). Aucune analyse statistique n'a été menée sur les erreurs (environ 1.9% des données). Les données descriptives sont résumées dans le Tableau 16.

³³ Mot = M ; Fréquence du Mot = Mf ; Cible = C ; Fréquence de la Cible = Cf ; Groupe = G ; Sujet = S et Item = I.

Tableau 16. Récapitulatif descriptif des temps de réponse moyens (en ms), de l'erreur standard (entre parenthèses) et du pourcentage d'erreur de chaque condition expérimentale pour les enfants de NLAL, NLAC et DYSL.

		Mot CV		Mot CVC	
		Mot fréquent	Mot peu fréquent	Mot fréquent	Mot peu fréquent
NLAL	Cible CV fréquente	1588 (159) 0.0%	1679 (208) 2.2%	1904 (257) 0.0%	1943 (334) 0.0%
	Cible CV peu fréquente	1749 (249) 4.4%	1748 (228) 2.2%	1768 (233) 4.4%	1764 (220) 4.4%
	Cible CVC fréquente	1844 (306) 6.7%	2039 (279) 2.2%	1541 (143) 2.2%	1578 (177) 0.0%
	Cible CVC peu fréquente	1911 (238) 8.9%	1778 (202) 0.0%	1764 (201) 4.4%	1962 (172) 0.0%
		Mot CV		Mot CVC	
		Mot fréquent	Mot peu fréquent	Mot fréquent	Mot peu fréquent
NLAC	Cible CV fréquente	893 (53) 0.0%	917 (57) 6.7%	1074 (61) 0.0%	1225 (73) 6.7%
	Cible CV peu fréquente	1014 (55) 4.4%	966 (42) 2.2%	1146 (59) 4.4%	1285 (73) 2.2%
	Cible CVC fréquente	1070 (74) 4.4%	1091 (67) 0.0%	819 (47) 6.7%	808 (52) 2.2%
	Cible CVC peu fréquente	1098 (61) 4.4%	1150 (49) 0.0%	1025 (51) 0.0%	967 (42) 0.0%
		Mot CV		Mot CVC	
		Mot fréquent	Mot peu fréquent	Mot fréquent	Mot peu fréquent
DYSL	Cible CV fréquente	898 (40) 0.0%	1058 (62) 6.7%	1112 (69) 0.0%	1223 (82) 6.7%
	Cible CV peu fréquente	1172 (72) 0.0%	1250 (69) 2.2%	1118 (57) 2.2%	1253 (72) 6.7%
	Cible CVC fréquente	1210 (94) 0.0%	1195 (96) 0.0%	995 (49) 2.2%	1023 (59) 2.2%
	Cible CVC peu fréquente	1265 (134) 2.2%	1446 (76) 4.4%	1358 (87) 2.2%	1627 (193) 0.0%

1.5.2. Analyse comparative des trois groupes d'enfants

L'ANOVA réalisée sur l'ensemble des facteurs pour les trois populations d'enfants met en évidence un effet principal significatif du facteur Groupe [$F_{1(2, 42)} = 12.46, p < .0001, \eta^2 = 0.37, F_{2(2, 96)} = 149.38, p < .0001, \eta^2 = 0.76$]. Des analyses de contrastes montrent que les enfants DYSL (1200ms) répondent significativement plus lentement que les enfants NLAC (1034ms), [$F_{(1, 28)} = 13.11, p = .001$] mais plus rapidement que les enfants NLAL (1785ms), [$F_{(1, 28)} = 9.25, p = .005$]. La différence des temps de réponses entre enfants NLAL et NLAC est également significative [$F_{(1, 28)} = 15.74, p = .0005$].

Globalement, des effets principaux émergent significativement pour les facteurs :

- Fréquence de la Cible [$F1_{(2, 42)} = 30.96, p < .0001, \eta^2 = 0.42, F2_{(1, 96)} = 10.51, p = .002, \eta^2 = 0.10$], et
- Fréquence du Mot [$F1_{(2, 42)} = 5.73, p = .02, \eta^2 = 0.12, F2_{(1, 96)} = 4.05, p = .05, \eta^2 = 0.04$] ; toutes populations d'enfants confondues, les cibles fréquentes (1280ms) et les mots fréquents (1306ms) engendrent, respectivement, des latences de réponse plus courtes que les cibles peu fréquentes (1399ms) et les mots peu fréquents (1374ms).

Enfin, l'analyse de variance met en évidence une double interaction significative Mot*Cible*Fréquence de la Cible [$F1_{(2, 42)} = 10.66, p = .002, \eta^2 = 0.20, F2_{(1, 96)} = 9.63, p = .003, \eta^2 = 0.09$]. Plutôt que de décomposer dans l'analyse générale cette interaction pour laquelle nous n'avions pas d'hypothèses directes, nous préférons nous intéresser à la présence éventuelle de cette interaction indépendamment pour chaque groupe d'enfants (i.e., DYSL, NLAL et NLAC) compte tenu des hypothèses que nous avons formulées.

1.5.3. *Après des enfants DYSL*

L'ANOVA révèle trois effets principaux significatifs, uniquement dans l'analyse par sujet, pour les facteurs :

- Cible [$F1_{(1, 14)} = 10.96, p = .005, \eta^2 = 0.44, F2 < 1$] ; les cibles CV (1136ms) sont plus rapidement identifiées que les cibles CVC (1265ms), et
- Fréquence du Mot [$F1_{(1, 14)} = 8.41, p = .01, \eta^2 = 0.38, F2 < 1$] ; les mots fréquents (1141ms) engendrent, dans l'ensemble, des temps de réponse plus courts que les mots peu fréquents (1259ms) ;

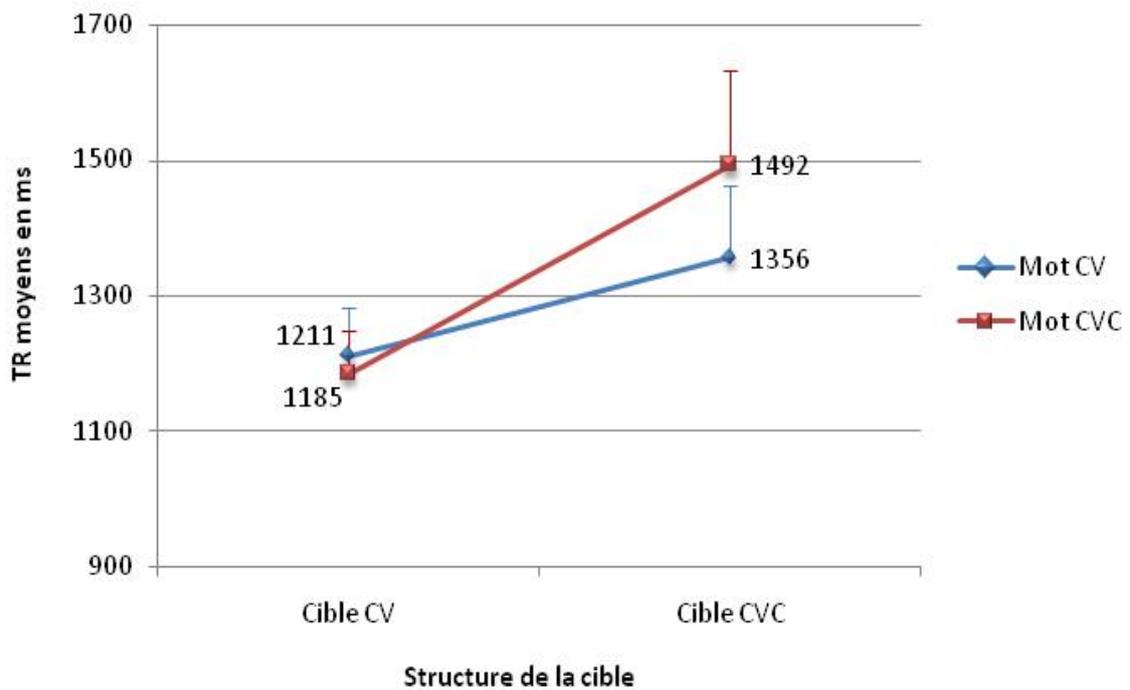
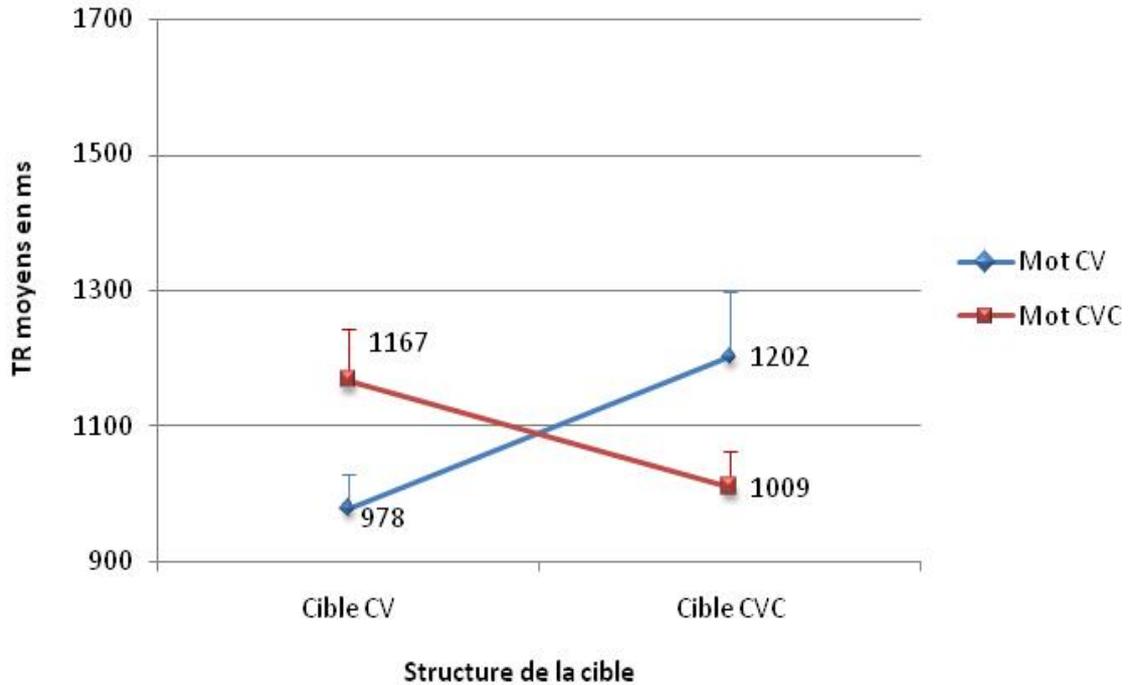
Et un effet principal significatif, dans les analyses par sujet et par item, du facteur :

- Fréquence de la Cible [$F1_{(1, 14)} = 46.25, p < .0001, \eta^2 = 0.77, F2_{(1, 32)} = 8.33, p = .007, \eta^2 = 0.21$] ; les cibles fréquentes (1089ms) entraînent globalement des réponses plus rapides que les cibles peu fréquentes (1311ms).

Enfin, une interaction significative double Mot*Cible*Fréquence de la Cible, dans l'analyse par sujet, est mise en évidence [$F1_{(1, 14)} = 6.98, p = .02, \eta^2 = 0.33, F2 < 1$]. Cette double interaction nous autorise à analyser séparément l'interaction Mot*Cible pour les cibles fréquentes et pour les cibles peu fréquentes (Figure 29).

L'interaction Mot*Cible ne s'avère significative que pour les cibles fréquentes [$F1_{(1, 14)} = 16.35, p = .001, \eta^2 = 0.54, F1_{(1, 20)} = 13.89, p = .001, \eta^2 = 0.41$]. Pour les cibles peu fréquentes, un effet significatif du facteur Cible émerge dans l'analyse par sujet [$F1_{(1, 14)} = 14.84, p = .002, \eta^2 = 0.52, F2 < 1$], traduisant que les cibles CV (1198ms) sont détectées plus vite que les cibles CVC (1424ms).

Figure 29. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Mot*Cible en fonction des cibles fréquentes (graphique supérieur) et des cibles peu fréquentes (graphique inférieur) chez les enfants DYSL.

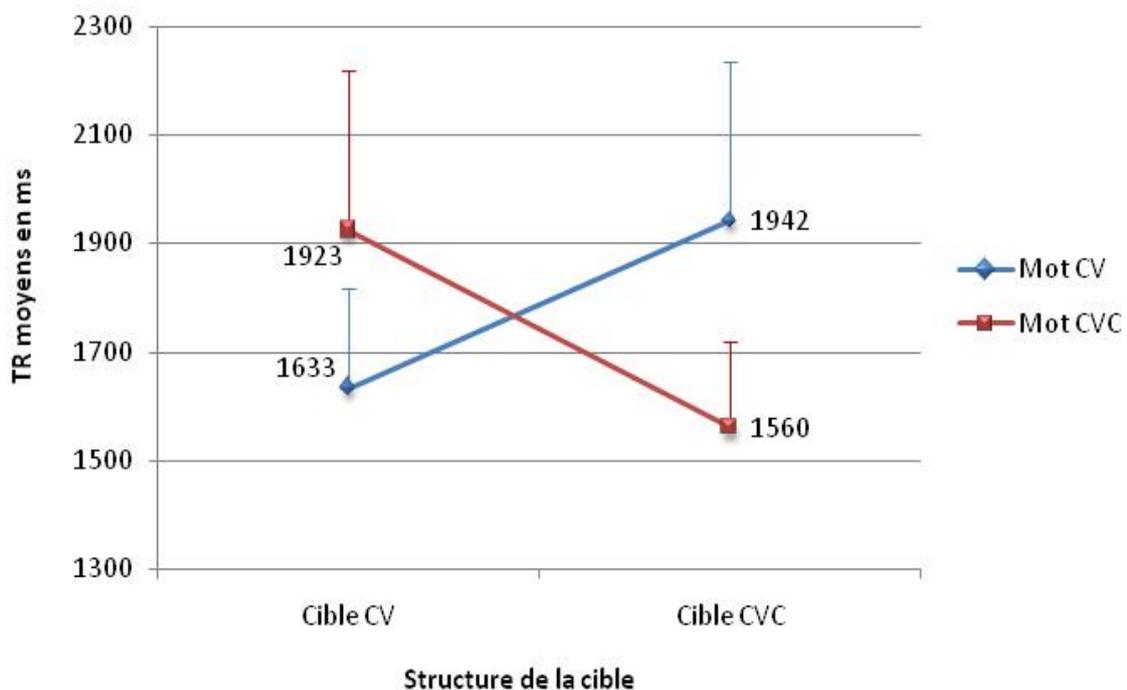


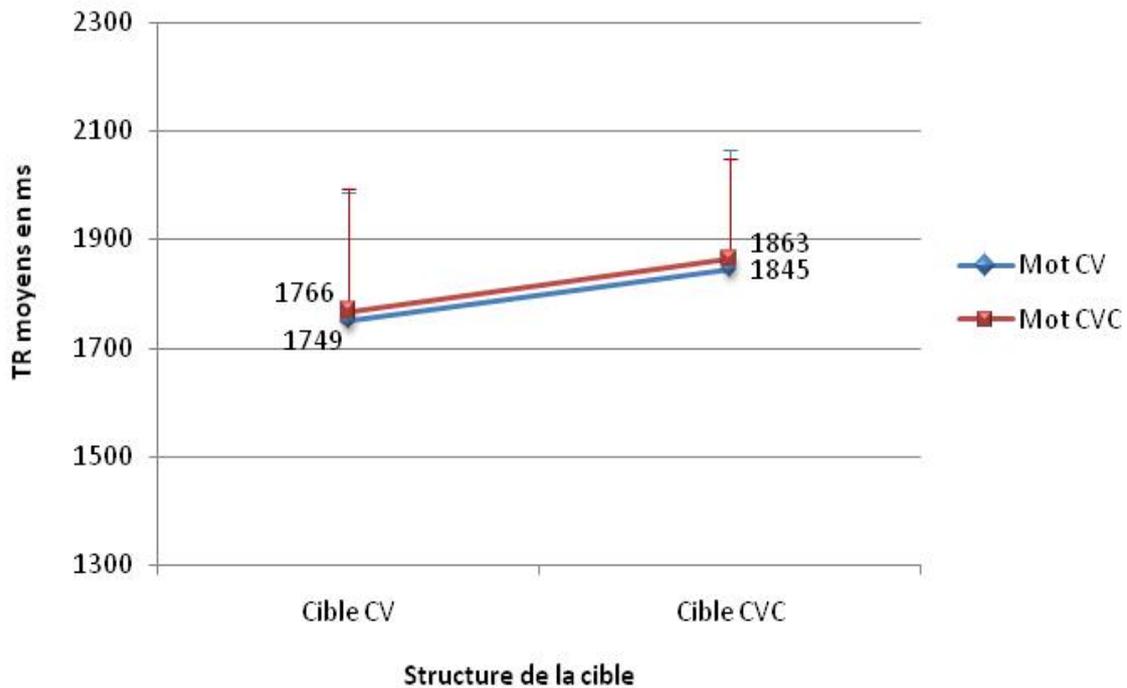
1.5.4. Auprès des enfants NLAL

L'ANOVA met seulement en évidence un effet tendanciel pour l'interaction Mot*Cible*Fréquence de la Cible uniquement lors de l'analyse par sujet [$F_{1(1, 14)} = 3.49, p = .08, \eta^2 = 0.20, F_{1(1, 32)} = 4.54, p = .04, \eta^2 = 0.12$]. Nous avons tout de même analysé l'interaction Mot*Cible en fonction de la Fréquence de la Cible (i.e., cibles fréquentes et cibles peu fréquentes) (Figure 30).

L'interaction Mot*Cible pour les cibles fréquentes apparaît tendancielle uniquement dans l'analyse par sujet [$F_{1(1, 14)} = 3.47, p = .08, \eta^2 = 0.20, F_{1(1, 20)} = 3.64, p = .07, \eta^2 = 0.15$], tandis que pour les cibles peu fréquentes, aucun résultat n'est significatif, les F_1 et F_2 étant inférieurs à 1.

Figure 30. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Mot*Cible en fonction des cibles fréquentes (graphique supérieur) et des cibles peu fréquentes (graphique inférieur) chez les enfants NLAL.





1.5.5. Après des enfants NLAC

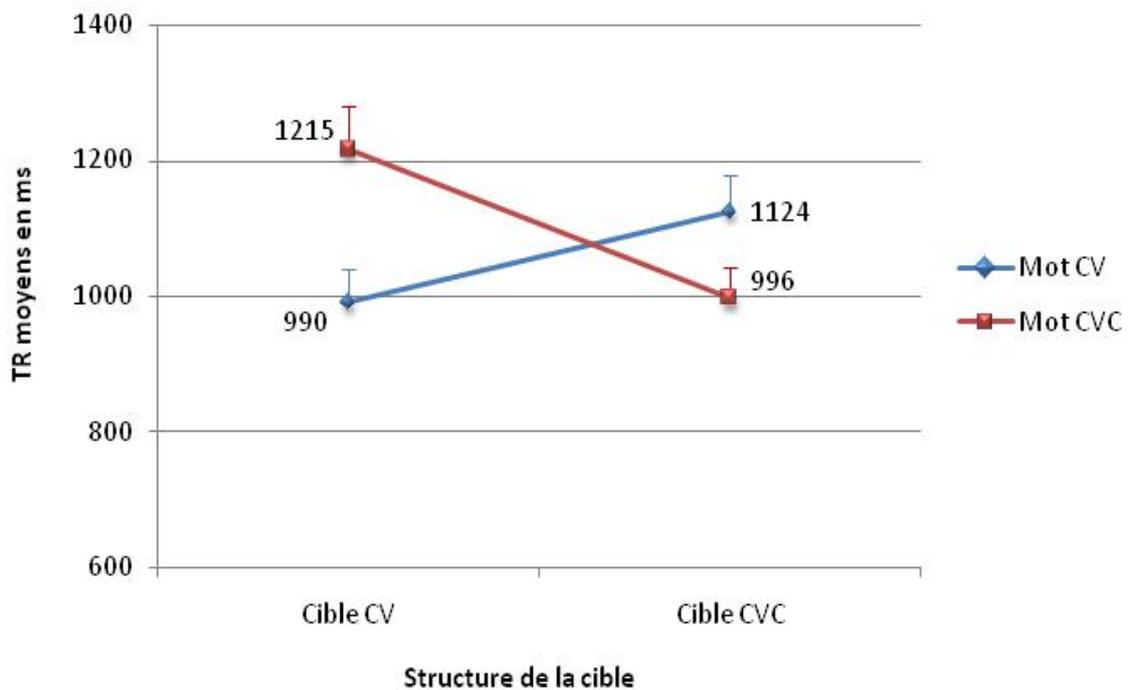
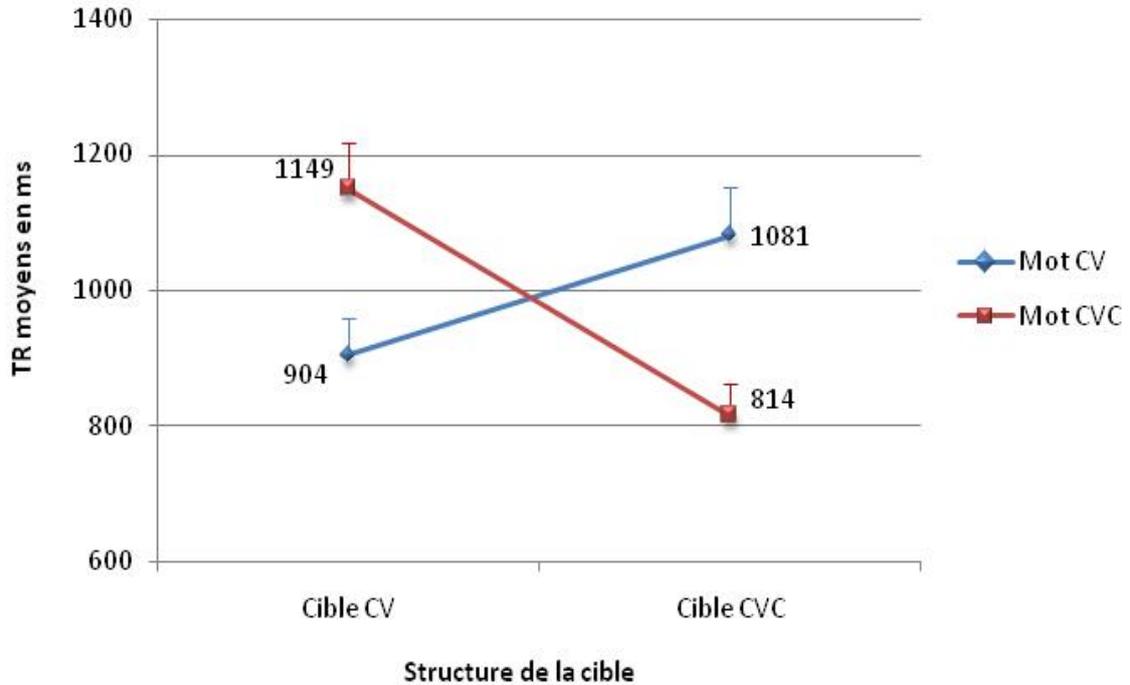
L'ANOVA révèle deux effets principaux significatifs des facteurs :

- Fréquence du Mot, uniquement dans l'analyse par sujet [$F_{1(1, 14)} = 6.35, p = .03, \eta^2 = 0.31, F_2 < 1$], et
- Fréquence de la Cible [$F_{1(1, 14)} = 21.57, p = .0004, \eta^2 = 0.61, F_{2(1, 32)} = 19.16, p = .0001, \eta^2 = 0.38$] qui permet d'observer des temps de réponse plus courts pour les mots (1017ms) et les cibles (987ms) fréquents que, respectivement, pour les mots (1051ms) et les cibles peu fréquents (1081ms).

Enfin, la double interaction Mot*Cible*Fréquence de la Cible ressort significative [$F_{1(1, 14)} = 4.71, p = .05, \eta^2 = 0.25, F_{2(1, 32)} = 5.52, p = .03, \eta^2 = 0.15$]. Nous avons donc poursuivi les analyses en décomposant l'interaction Mot*Cible*Fréquence de la Cible en fonction des cibles fréquentes et des cibles peu fréquentes (Figure 31).

En considérant les cibles fréquentes, l'interaction Mot*Cible émerge significativement [$F_{1(1, 14)} = 14.93, p = .002, \eta^2 = 0.52, F_{2(1, 20)} = 48.46, p < .0001, \eta^2 = 0.71$]. De même, l'interaction Mot*Cible s'avère significative pour les cibles peu fréquentes [$F_{1(1, 14)} = 11.86, p = .004, \eta^2 = 0.46, F_{2(1, 20)} = 27.49, p < .0001, \eta^2 = 0.58$].

Figure 31. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Mot*Cible en fonction des cibles fréquentes (graphique supérieur) et des cibles peu fréquentes (graphique inférieur) chez les enfants NLAC.



1.6. Discussion

Dans cette expérience, nous nous sommes appuyé sur l'utilisation de la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mot, pré-testée dans le cadre d'une approche développementale (cf. Chapitre 8). Cependant, elle a été administrée à des d'enfants dyslexiques développementaux appariés à des enfants normo-lecteurs de même âge chronologique et de même âge lexique. Cette expérience consistait à déterminer le type de traitements et le type d'unités utilisés par des enfants dyslexiques développementaux en lecture silencieuse. Il s'agissait également de tester l'impact de la fréquence syllabique chez ces enfants. Enfin, la présente étude envisageait de comparer et de confronter les traitements et les performances des trois groupes d'enfants.

L'analyse globale des temps de réponse pour les trois groupes d'enfants nous permet tout de suite de valider l'une de nos hypothèses. En effet, les performances des enfants s'avèrent progressivement plus rapides à mesure que le niveau scolaire augmente : les enfants NLAC répondent plus vite que les enfants NLAL. De plus, nous observons que les enfants dyslexiques ont des temps de réponse intermédiaires par rapport à ces deux groupes. Cela traduit bien qu'avec l'expérience, certaines habiletés – des automatismes de traitement et des habiletés motrices – se mettent en place progressivement, malgré la présence de déficits en lecture.

Globalement, nous dégageons deux effets principaux concernant les fréquences lexicales et syllabiques. Tous groupes d'enfants confondus, les cibles et les mots fréquents sont respectivement traités plus rapidement que les cibles et les mots peu fréquents. À ce stade, nous ne savons encore pas si ces effets se retrouvent pour tous les groupes d'enfants ou s'ils sont limités aux deux groupes (i.e., DYSL et NLAC) pour lesquels nous avons fait l'hypothèse de traitements plus courts en fonction de la fréquence.

Enfin, nous mettons en évidence une double interaction entre la structure des mots, la structure des cibles et la fréquence des cibles. Bien que nous n'ayons pas formulé d'hypothèses concernant cette interaction au niveau des trois groupes, nous retrouvons un pattern suggérant des traitements (e.g., grapho-syllabique et/ou grapho-phonémique) qui seraient modulés *a priori* par la fréquence des cibles. L'idée directrice est maintenant de savoir si cette interaction se manifeste pour chaque groupe d'enfants et si, éventuellement, elle se comporte de la même manière.

Les résultats que nous observons auprès des enfants DYSL montrent trois effets principaux. Conformément à notre première hypothèse, nous voyons que les cibles et les mots fréquents engendrent des temps de traitement plus brefs que, respectivement, les cibles et les mots peu fréquents. Ces deux résultats attestent bel et bien que les enfants DYSL, malgré des déficits

en lecture, ont développé une certaine sensibilité à la fréquence, probablement consécutive à la construction de connaissances orthographiques induites par les répétitions des expositions à l'écrit (e.g., Colé & Sprenger-Charolles, 1999).

Par ailleurs, les enfants DYSL se montrent globalement plus rapides pour répondre à la présentation de cibles de structure CV comparativement à des cibles de structure CVC. Cet effet de longueur de cible va dans le sens de notre première hypothèse et nous renseigne d'ores et déjà sur le fait que les enfants DYSL appliqueraient des traitements visuels séquentiels et non phonologiques, quelle que soit la fréquence des cibles voire même des mots.

Cependant, la double interaction entre la structure des cibles, la structure des mots et la fréquence des cibles nuance cette dernière observation. En effet, alors que nous prédisions un effet de longueur de cible indépendamment de la fréquence des cibles ou des mots, en décomposant l'interaction en fonction de la fréquence des cibles nous ne trouvons l'effet de longueur de cible que lorsque les enfants DYSL doivent traiter des cibles peu fréquentes. En revanche, pour traiter les cibles fréquentes, nous mettons en évidence un effet de compatibilité syllabique. Ces derniers résultats viennent partiellement contrarier notre hypothèse selon laquelle les enfants dyslexiques ne seraient pas capables de recourir à une procédure phonologique, qui plus est grapho-syllabique compte tenu de leurs déficits phonologiques. Nous voyons donc que les enfants DYSL utiliseraient deux procédures de traitement différenciées : l'une phonologique grapho-syllabique lors de la présentation de cibles fréquentes et l'autre visuelle très certainement séquentielle lettre à lettre pour traiter les cibles peu fréquentes. Toutefois, nous ne pouvons plus rejeter l'hypothèse d'un traitement phonologique grapho-phonémique plutôt que séquentiel lettre à lettre pour expliquer l'effet de longueur de cible dans la mesure où les enfants DYSL s'avèrent suffisamment *habiles* pour recourir à un traitement phonologique grapho-syllabique. En accord avec notre perspective théorique (i.e., Seymour & Duncan, 1997), l'utilisation de la syllabe ne serait que consécutive à la maîtrise des règles CGP et ne serait pas sensée intervenir avant la maîtrise de ces dernières, ce qui nous conduit à accepter l'idée de la mise en place de stratégies de lecture basées sur la phonologie.

En nous penchant sur les résultats obtenus auprès des enfants NLAL, nous ne validons que partiellement notre seconde hypothèse. Conformément à cette hypothèse, nous ne mettons pas en évidence d'effets des fréquences des cibles et des mots. Ce résultat était attendu dans la mesure où une partie de ces enfants provient de ceux testés dans le cadre de l'approche développementale au CP, dans laquelle nous n'avions pas mis en évidence de tels effets. En effet, compte tenu qu'il s'agit du début de l'apprentissage de la lecture, les enfants n'ont pas encore pu développer et

stabiliser suffisamment bien des représentations orthographiques leur permettant un gain dans les temps de traitement pour les items fréquents.

Enfin, nous observons une interaction entre la structure des cibles, la structure des mots et la fréquence des cibles. En décomposant l'interaction en fonction de la fréquence des cibles, nous retrouvons ici partiellement les résultats escomptés. En effet, l'effet de compatibilité syllabique est effectivement retrouvé lors du traitement des cibles fréquentes, conformément à nos attentes mais l'effet de longueur en faveur des cibles CV n'est pas répliqué. Toutefois, en s'intéressant au graphique correspondant (Figure 30), nous pouvons, de manière strictement descriptive, voir une tendance à des traitements plus courts pour les cibles CV par rapport aux cibles CVC et ce, quelle que soit la structure initiale des mots. Cela reste compatible avec notre point de vue selon lequel les enfants en tout début d'apprentissage de la lecture sont déjà capables de s'appuyer sur des unités plus larges telles que la syllabe et que les traitements mis en œuvre sont différents et dépendants de la fréquence des cibles.

Concernant les résultats des enfants NLAC, nous confirmons notre prédiction selon laquelle nous devrions retrouver des patterns de réponses similaires à ceux des enfants de CM₂, c'est-à-dire un effet de fréquence des cibles et des mots. Nous trouvons en effet que les enfants NLAC répondent plus vite lorsqu'il s'agit de cibles ou de mots fréquents par rapport à des cibles ou des mots peu fréquents. Par ailleurs, nous pouvons à nouveau montrer une interaction double entre la structure des cibles, la structure des mots et la fréquence des cibles. Décomposé en fonction de la fréquence des cibles, l'effet de compatibilité se manifeste aussi bien avec les cibles fréquentes que les cibles peu fréquentes, ce qui corrobore notre hypothèse et nos précédents résultats auprès des enfants de CM₂.

Cet ensemble de résultats vient apporter trois éléments importants. D'une part, nous répliquons avec les enfants NLAL et NLAC des résultats déjà mis en relief dans l'approche développementale. Nous renforçons ainsi l'importance précoce de la syllabe dès le début de l'apprentissage de la lecture et l'importance de la fréquence de la syllabe comme facteur qui conditionne directement le type de procédure mis en œuvre. Nous voyons donc que la fréquence lexicale ne semble pas exercer d'influence directe sur le type de traitement effectué par les enfants ou, du moins, son rôle et son influence ne seraient que secondaires. Ainsi, nous fournissons des arguments supplémentaires, en ce sens que la fréquence de la syllabe n'agit pas comme inhibiteur sur les temps de réponse ou sur le recours à une procédure syllabique.

La différenciation des deux types de comportements – effet de compatibilité syllabique et effet de longueur de cible – en fonction de la fréquence des cibles, associée à des temps de réponse plus longs que les enfants NLAL ou NLAC, nous renvoie au fait que les enfants DYSL seraient capables de recourir à des procédures phonologiques, contrairement à ce que avançons. De même, nous observons que les patterns de résultats sont similaires entre enfants DYSL et enfants NLAL. Bien que les enfants DYSL mettent plus de temps pour exécuter la tâche que les enfants NLAC mais qu'ils soient plus performants que les enfants NLAL, cela nous conduit à défendre l'hypothèse d'un retard développemental plutôt que l'hypothèse d'une déviance (Casalis, 1995). Cette interprétation apparaît pourtant contradictoire avec ce qui est prôné dans la littérature puisque le retard développemental serait circonscrit aux cas de dyslexie de surface et la déviance, aux cas de dyslexie phonologique (pour plus de détails, voir Plaza, 2002). En résumé, nous pouvons conclure sur des résultats relativement surprenants concernant les enfants DYSL. Alors que la dyslexie est caractérisée par des troubles phonologiques massifs et récurrents (e.g., Snowling, 2001 ; Ramus, 2001) du processeur phonologique (Sprenger-Charolle et al., 1999), nos résultats *minimisent* ces déficits en montrant que les enfants DYSL ont un accès aux représentations phonologiques pour traiter le langage écrit. Cependant, le profil des réponses fournies rend compte d'un retard développemental dans la mise en place des stratégies de lecture. Cela nous amène à nous interroger sur les procédures d'acquisition de ces compétences phonologiques et sur la qualité de ces représentations. En effet, nous ignorons si les enfants DYSL contactent véritablement des unités infralexicales pour lire ou s'ils s'appuient sur des traitements compensatoires, similaires dans leurs manifestations à ceux des enfants normo-lecteurs, mais divergentes dans leurs fondements cognitifs. D'autre part, il est envisageable que cette tâche ait été appréhendée trop *facilement* par les enfants DYSL – ce qui se traduit par un taux d'erreurs faible (> 2.4%) – nécessitant alors de les confronter à des tâches qui sollicitent plus activement leurs compétences de lecture pour déterminer les aspects quantitatifs et qualitatifs de leurs traitements, apparemment, phonologiques.

2. Étude comparative auprès d'enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs dans la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots

2.1. Introduction

L'objectif principal de cette expérience est de confirmer nos résultats obtenus précédemment (cf. Chapitre 11, Partie 1.) sur le recours à des traitements phonologiques basés sur la syllabe chez les enfants dyslexiques en utilisant cette fois-ci des pseudomots. Au-delà, nous tentons de mesurer si ces enfants maîtrisent des indices phonotactiques et acoustico-phonétiques en lecture. L'idée est une nouvelle fois de comparer les performances d'enfants dyslexiques à celles d'enfants normo-lecteurs de même âges chronologiques et lexiques.

2.2. Rappel de la problématique

La problématique est définie par trois questions : – les enfants dyslexiques effectuent-ils un traitement phonologique syllabique des pseudomots ? – le profil de sonorité optimal (i.e., coda sonore – attaque obstruente) à la frontière syllabique est-il un facteur pertinent dans le recours aux unités syllabiques chez des enfants normo-lecteurs et dyslexiques ? – les enfants dyslexiques ont-ils des profils de réponse distincts d'enfants ne présentant aucun trouble de l'apprentissage de la lecture ?

2.3. Méthode

2.3.1. Participants

Les quinze mêmes enfants diagnostiqués dyslexiques (i.e., DYSL) avec troubles phonologiques que ceux testés dans la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots, ont participé à cette expérience. Ils ont été appariés à la même population d'enfants normo-lecteurs de même âge chronologique (i.e., NLAC) que celle retenue dans la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots. En revanche, quinze enfants de même âge lexique (i.e., NLAL), différents de ceux vus dans les expériences précédentes, ont été sélectionnés grâce à un appel à recrutement Tableau 17.

Tableau 17. Caractéristiques des trois populations d'enfants pour la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots.

	Populations d'enfants		
	<u>DYSL</u>	<u>NLAC</u>	<u>NLAL</u>
Âge chronologique	10 ans et 1 mois σ : 12.2	10 ans et 4 mois σ : 12.3	7 ans et 0 mois σ : 6.2
Âge lexique	7 ans et 5 mois σ : 4.9	11 ans et 5 mois σ : 5.3	7 ans et 4 mois σ : 4.7

Tous les enfants normo-lecteurs étaient exclusivement de langue maternelle française, droitiers et sans problèmes psychologiques, comportementaux ou neurologiques. Ils n'étaient ni redoublant ni en avance. Enfin, ils avaient tous une vue normale ou corrigée et n'avaient aucun déficit auditif avéré.

2.3.2. Tests de lecture

Les mêmes tests et les mêmes scores que ceux obtenus avant de passer la tâche de détection visuelle de cible sont conservés ici comme références pour cette tâche. Les enfants NLAL nouvellement recrutés ont passé le TIMÉ 2 (Écalle, 2003). Aucune analyse statistique n'a été menée sur les scores. Les âges chronologiques et lexicaux correspondaient. Tous les enfants présentaient des profils de lecteurs normaux.

2.3.3. Stimuli

Les stimuli employés sont similaires à ceux employés au Chapitre 9 (cf. Partie 1.3.3.).

2.3.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est le même que celui utilisé et décrit au Chapitre 9 (cf. Partie 2.3.4.).

2.3.5. Procédure

La procédure est identique à celle utilisée et détaillée au Chapitre 9 (cf. Partie 2.3.5.).

2.4. Hypothèses générale et opérationnelles

L'hypothèse générale était la suivante :

- Les enfants dyslexiques ne s'appuient pas sur une procédure phonologique syllabique et ne sont pas affectés par des traits acoustico-phonétiques pertinents pour traiter des pseudomots contrairement à des enfants normo-lecteurs.

Nous définissons quatre hypothèses opérationnelles :

Hypothèse opérationnelle 7a : Chez les enfants dyslexiques, le niveau de lecture et les habiletés phonologiques sont inférieurs à ceux escomptés normalement. Ces enfants présentent des déficits phonologiques marqués par des difficultés d'utilisation des règles CGP et donc de la procédure de recodage phonologique. Nous prédisons que les enfants dyslexiques n'utilisent pas de procédure phonologique grapho-syllabique mais plutôt un traitement visuel séquentiel pour traiter les pseudomots. Nous devrions donc observer des temps de réponse plus longs et un nombre d'erreurs plus important dans la condition 'délétion de l'attaque' qui nécessite une resyllabification comparativement à la condition 'délétion de la coda' qui préserve la syllabification.

Hypothèse opérationnelle 7b : Chez les enfants dyslexiques, nous défendons l'hypothèse d'une insensibilité de ces enfants aux caractéristiques sub-phonémiques comme marqueurs de segmentation syllabique compte tenu de leurs difficultés dans certaines tâches faisant appel à des distinctions fines entre les phonèmes de la langue (cf. par exemple, les résultats en perception catégorielle). En d'autres termes, dans la condition 'identique', nous ne devrions pas observer d'avantage pour un profil de sonorité particulier par rapport aux autres.

Hypothèse opérationnelle 7c : Chez les enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques, nous assumons le fait que la procédure de recodage phonologique soit suffisamment bien développée pour recourir à des unités syllabiques. Nous devrions donc observer de meilleures performances (i.e., nombre d'erreurs et temps de réponse) en condition 'délétion de l'attaque' par rapport à la condition 'délétion de la coda'. Par ailleurs, grâce à l'expérience acoustico-phonétique développée par exposition au langage oral et aux régularités de l'écrit et conformément aux théories linguistiques, nous assumons le point de vue selon lequel ces enfants devraient être plus sensibles au profil de sonorité optimal 'coda sonore – attaque obstruente' dans la condition 'identique', se traduisant par une interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de la coda.

Hypothèse opérationnelle 7d : Enfin, nous devrions mettre en évidence des temps de réponse globaux plus courts et un nombre d'erreurs global moindre chez les enfants appariés en âge chronologique par rapport aux enfants appariés en âge lexique. Ce résultat serait logique compte tenu de l'automatisation progressive des procédures de traitement de l'écrit. Par contre, les performances des enfants dyslexiques, inhérentes aux habiletés tout de même développées compte tenu de leurs âges chronologiques et des expositions répétées à l'écrit, devraient se situer à un niveau intermédiaire entre les deux groupes d'enfants normo-lecteurs.

2.5. Résultats

2.5.1. Introduction

Plusieurs analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été conduites selon les plans expérimentaux suivants :

- pour $F1$ et $F2$, en condition 'identique' : $S_{15} < G_3 > * C_2 * A_2$ et $I_{12} < C_2 * A_2 > * G_3$,
- pour $F1$ et $F2$, en condition 'délétion' : $S_{15} < G_3 > * C_2 * A_2 * D_2$ et $I_6 < C_2 * A_2 * D_2 > * G_3$ ³⁴.

Seuls les temps de réponse corrects ont été pris en considération lors des analyses. Les temps de réponse corrects ont aussi été standardisés (*trimming* d'environ 2.6% des données). Des analyses statistiques ont été menées distinctement sur les erreurs (environ 17.8% des données). Les données descriptives sont résumées dans le Tableau 18 et Tableau 19.

Tableau 18. Récapitulatif descriptif de la condition 'délétion' avec les temps de réponse moyens (en ms), l'erreur standard (entre parenthèses) et le pourcentage d'erreur pour les enfants de NLAC, NLAL et DYSL.

	Coda Sonore				Coda Obstruente			
	Attaque Sonore		Attaque Obstruente		Attaque Sonore		Attaque Obstruente	
	Délétion Coda (darite)	Délétion Attaque (dalite)	Délétion Coda (topude)	Délétion Attaque (tolude)	Délétion Coda (dalore)	Délétion Attaque (datore)	Délétion Coda (topude)	Délétion Attaque (tocude)
NLAC	1980 (102) 18.9%	2065 (150) 16.7%	1424 (135) 22.2%	1962 (127) 24.4%	1679 (184) 25.6%	1916 (156) 26.7%	1825 (214) 22.2%	1947 (281) 20.0%
NLAL	2488 (266) 26.7%	2614 (186) 30.0%	2678 (304) 46.7%	2614 (288) 30.0%	2738 (334) 35.6%	2449 (216) 33.3%	2630 (198) 32.2%	2587 (240) 38.9%
DYSL	2337 (138) 26.7%	2775 (150) 26.7%	1993 (222) 33.3%	2472 (127) 27.8%	2645 (214) 18.9%	2076 (156) 23.3%	1999 (184) 25.6%	2457 (281) 24.4%

³⁴ Sonorité de la Coda = C ; Sonorité de l'Attaque = A ; Type de Délétion = D ; Groupe = G ; Sujet = S et Item = I.

Tableau 19. Récapitulatif descriptif de la condition 'identique' avec les temps de réponse moyens (en ms), l'erreur standard (entre parenthèses) et le pourcentage d'erreur pour les enfants de NLAC, NLAL et DYSL.

	Coda Sonore		Coda Obstruente	
	Attaque Sonore (dalrite)	Attaque Obstruente (tolpude)	Attaque Sonore (datlore)	Attaque Obstruente (tocpude)
NLAC	1671 (66) 7.2%	1442 (68) 3.9%	1847 (61) 6.7%	1896 (75) 5.6%
NLAL	2424 (195) 16.1%	2338 (231) 12.8%	2456 (236) 6.7%	2323 (205) 3.9%
DYSL	2193 (174) 4.4%	1868 (118) 5.6%	2229 (146) 6.7%	2333 (152) 3.9%

2.5.2. Analyse comparative des trois groupes d'enfants

2.5.2.1. Condition 'identique'

Les ANOVA effectuées, d'une part sur les temps de réponse et, d'autre part sur les erreurs pour l'ensemble des facteurs et pour les trois populations d'enfants mettent en évidence deux effets principaux significatifs des facteurs :

- Groupe, dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 5.60, p = .007, \eta^2 = 0.21, F_{2(2, 132)} = 112.47, p < .0001, \eta^2 = 0.63$], et dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 42)} = 8.53, p = .0008, \eta^2 = 0.29, F_{2(2, 132)} = 19.40, p < .0001, \eta^2 = 0.23$].

Un test *t* de Student montre que les enfants NLAL (2385ms) répondent significativement plus lentement que les enfants NLAC (1714ms) [$t[28] = -5.92, p < .0001$] (tendanciellement par rapport aux enfants DYSL (2156ms)) [$t[28] = -1.76, p = .08$]. Enfin, la différence des temps de réponses entre enfants NLAC et DYSL se révèle également significative [$t[28] = 5.15, p < .0001$].

Par ailleurs, un autre test *t* de Student confirme que les enfants NLAL (1.6) significativement commettent plus d'erreurs que les enfants NLAC (0.7) [$t[28] = -4.06, p < .0001$] et DYSL (0.6) [$t[28] = -4.38, p < .0001$]. Cependant, aucune différence significative n'émerge entre enfants NLAC et DYSL ($p > .1$).

- Sonorité de la Coda, dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 30.13, p < .0001, \eta^2 = 0.42, F_{2(1, 132)} = 33.36, p < .0001, \eta^2 = 0.20$] ; en règle générale, les codas liquides (1989ms) entraînent des temps de réponse plus courts que les codas obstruents (2181ms).

Enfin, les ANOVA font ressortir une interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque significative uniquement dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 5.82, p = .02, \eta^2 = 0.12, F_{2(1, 132)} = 9.97, p = .002, \eta^2 = 0.07$], et tout de même de manière tendancielle dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 42)} = 3.56, p = .07, \eta^2 = 0.08, F_{2(1, 132)} = 5.65, p = .004, \eta^2 = 0.08$]. L'analyse de contrastes menée sur les temps de réponse pour cette interaction met en évidence

que le couple ‘coda sonore – attaque obstruente’ est statistiquement traité plus vite que les trois autres couples [$F_{(1, 42)} = 42.61, p < .0001$].

2.5.2.2. Condition ‘délétion’

Les résultats obtenus à partir des ANOVA menées sur les temps de réponse et sur les erreurs pour l’ensemble des facteurs et pour les trois populations d’enfants montrent deux effets principaux significatifs des facteurs :

- Groupe, dans l’analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 5.01, p = .01, \eta^2 = 0.19, F_{2(2, 120)} = 86.91, p < .0001, \eta^2 = 0.59$].

Tous facteurs confondus, un test *t* de Student indique que les enfants NLAL (2600ms) répondent significativement moins vite que les enfants NLAC (1850ms) [$t[28] = -6.86, p < .0001$], et que les enfants DYSL (2344ms) [$t[28] = -2.25, p = .03$]. Enfin, la différence apparaît aussi significative entre les enfants DYSL et les enfants NLAC [$t[28] = 5.24, p < .0001$].

- Type de Délétion, dans l’analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 4.90, p = .03, \eta^2 = 0.10, F_{2(1, 120)} = 13.09, p = .0004, \eta^2 = 0.10$] ; globalement, la délétion des codas (2201ms) est plus rapidement détectée que la délétion des attaques (2328ms).

Parallèlement, une triple interaction significative Groupe*Sonorité de la Coda*Sonorité de l’Attaque*Type de Délétion est relevée aussi bien dans l’analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 4.97, p = .01, \eta^2 = 0.19, F_{2(2, 120)} = 8.17, p = .0005, \eta^2 = 0.12$] que dans l’analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 42)} = 6.11, p = .005, \eta^2 = 0.23, F_{2(2, 120)} = 2.69, p = .07, \eta^2 = 0.04$].

À partir des hypothèses que nous avons précédemment exposées et de cette triple interaction, nous avons analysé les résultats spécifiquement auprès de chaque population d’enfants (i.e., DYSL, NLAC et NLAL) pour les deux conditions expérimentales.

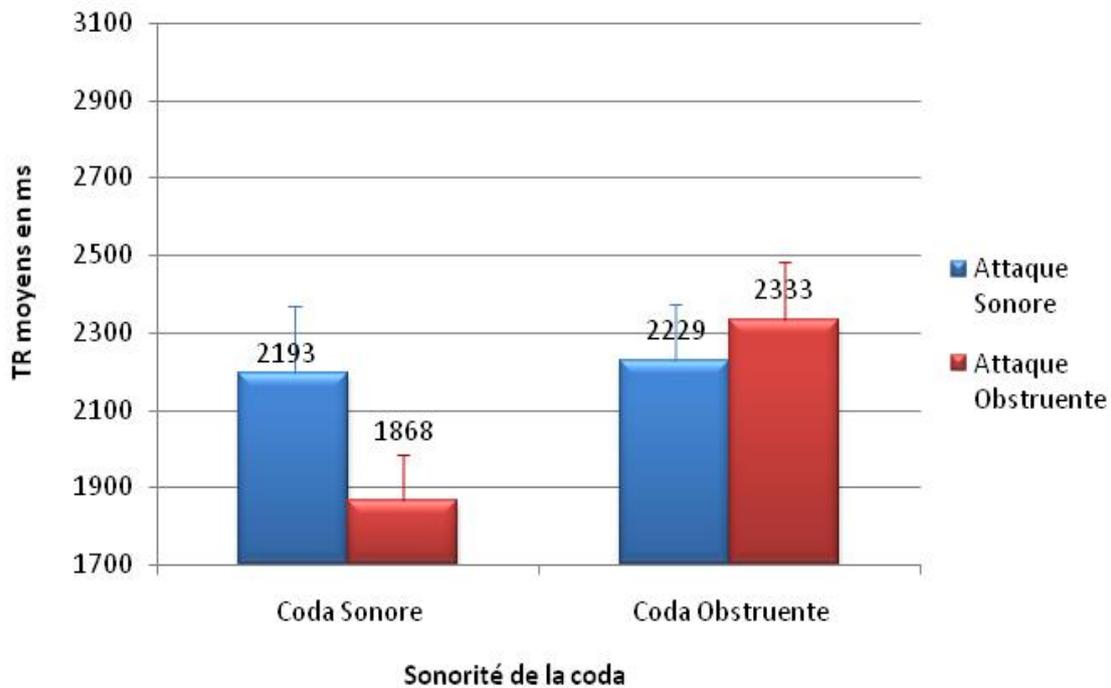
2.5.3. Après des enfants DYSL

2.5.3.1. Condition ‘identique’

Les ANOVA conduites sur les temps de réponse et les erreurs ne font émerger qu’une unique interaction significative dans l’analyse sur les temps de réponse :

- Sonorité de la Coda*Sonorité de l’Attaque [$F_{1(1, 14)} = 4.96, p = .04, \eta^2 = 0.26, F_{2(1, 44)} = 11.00, p = .002, \eta^2 = 0.20$] (Figure 32). L’analyse de contrastes confirme que le couple ‘coda sonore – attaque obstruente’ est statistiquement détecté plus rapidement que les trois autres couples possibles [$F_{(1, 14)} = 20.43, p = .0005$].

Figure 32. Temps de réponse moyens (en ms) dans la condition 'identique' pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque chez les enfants DYSL.



2.5.3.2. Condition 'délétion'

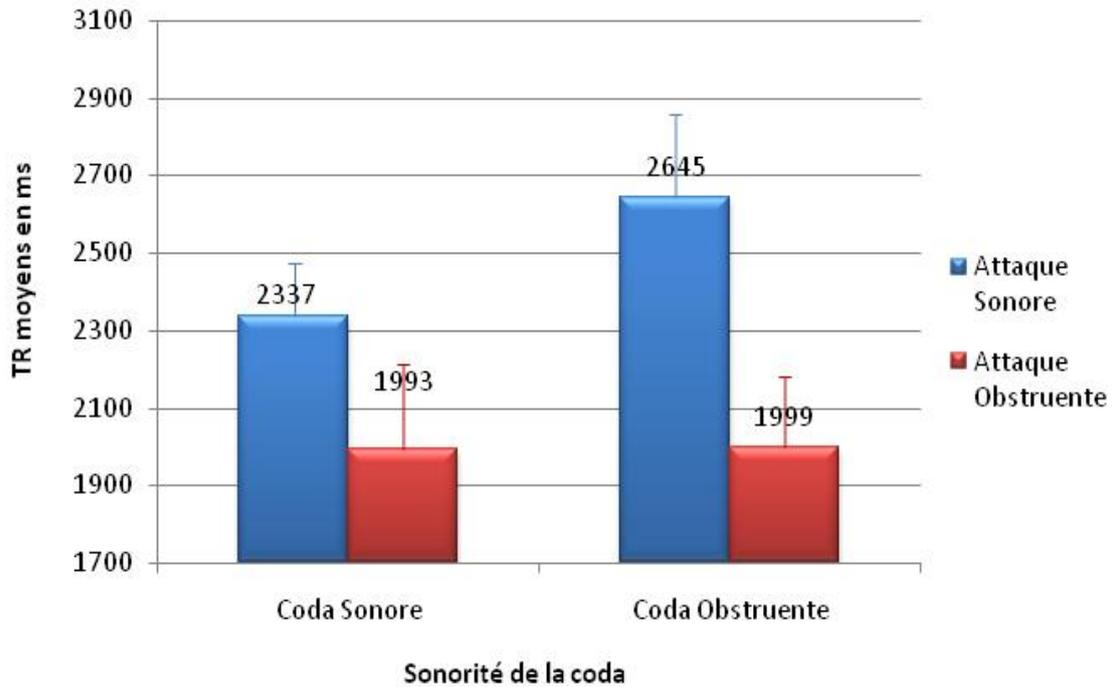
Les ANOVA effectuées sur les temps de réponse et les erreurs ne montrent des effets significatifs que dans l'analyse portant sur les temps de réponse pour le facteur :

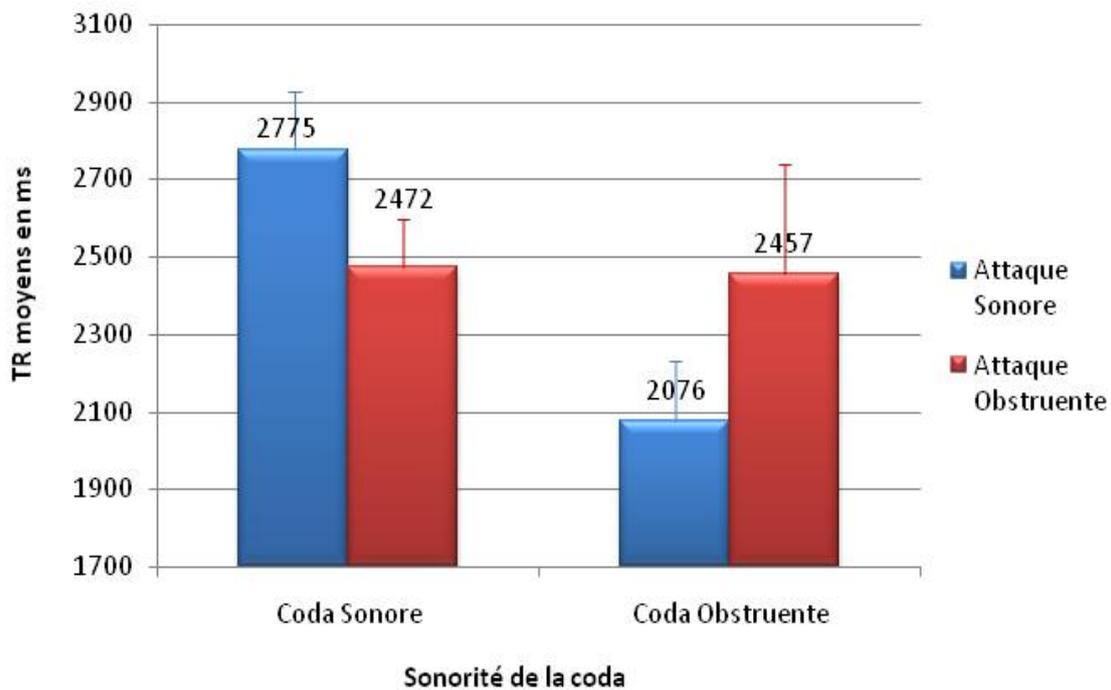
- Type de Délétion [$F_{1(1, 14)} = 4.49, p = .05, \eta^2 = 0.24, F_{2(1, 40)} = 3.79, p = .06, \eta^2 = 0.09$] ; la suppression des codas (2244ms) conduit à des temps de réponse plus courts que la suppression des attaques (2445ms).

La double interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque*Type de Délétion apparaît aussi significative [$F_{1(1, 14)} = 4.48, p = .05, \eta^2 = 0.24, F_{2(1, 40)} = 12.26, p = .001, \eta^2 = 0.24$] ; cette double interaction nous permet d'analyser séparément l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque en fonction de la 'délétion de la coda' et de la 'délétion de l'attaque' (Figure 33). Toutefois, l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque ne sort significative que pour la 'délétion de l'attaque' [$F_{1(1, 14)} = 7.50, p = .02, \eta^2 = 0.35, F_{2(1, 20)} = 6.86, p = .02, \eta^2 = 0.26$]. Un test post-hoc de Fisher réalisé pour chacune des délétions met en évidence des différences significatives, pour la 'délétion de la coda' entre le profil 'coda sonore – attaque obstruente' (1993ms) et le profil 'coda obstruente – attaque sonore' (2645ms) [$p = .01$], et entre le profil 'coda obstruente – attaque sonore' (2645ms) et le profil 'coda obstruente – attaque obstruente' (1999ms) [$p = .01$]. Enfin, la différence est significative, pour la 'délétion de

l'attaque', entre le profil 'coda sonore – attaque sonore' (2775ms) et le profil 'coda obstruente – attaque sonore' (2076ms) [$p = .01$].

Figure 33. Temps de réponse moyens (en ms) dans la condition 'délétion' pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque en fonction de la 'délétion de la coda' (graphique supérieur) et de la 'délétion de l'attaque' (graphique inférieur) chez les enfants DYSL.





2.5.4. Après des enfants NLAC

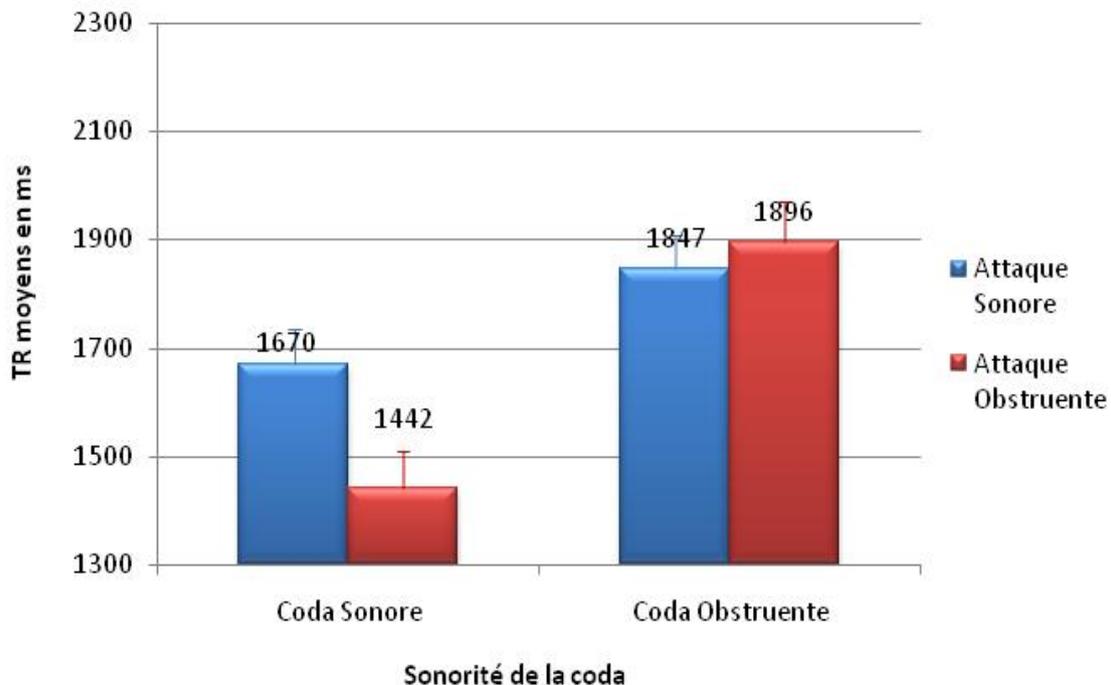
2.5.4.1. Condition 'identique'

Les ANOVA conduites sur les temps de réponse et sur les erreurs mettent en évidence un effet principal significatif, uniquement dans l'analyse sur les temps de réponse, du facteur :

- Sonorité de la Coda [$F_{1(1, 14)} = 75.14, p < .0001, \eta^2 = 0.84, F_{2(1, 44)} = 29.12, p < .0001, \eta^2 = 0.40$] ; les codas sonores sont plus rapidement traitées (1557ms) que les codas obstruents (1871ms).

Enfin, une interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque significative est relevée dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(1, 14)} = 4.84, p = .05, \eta^2 = 0.26, F_{2(1, 44)} = 5.89, p = .02, \eta^2 = 0.12$] (Figure 34). L'analyse de contrastes conforte que le profil 'coda sonore – attaque obstruente' engendre statistiquement des temps de réponse plus courts par rapport aux trois autres couples possibles [$F_{(1, 14)} = 40.33, p < .0001$].

Figure 34. Temps de réponse moyens (en ms) dans la condition 'identique' pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque chez les enfants NLAC.



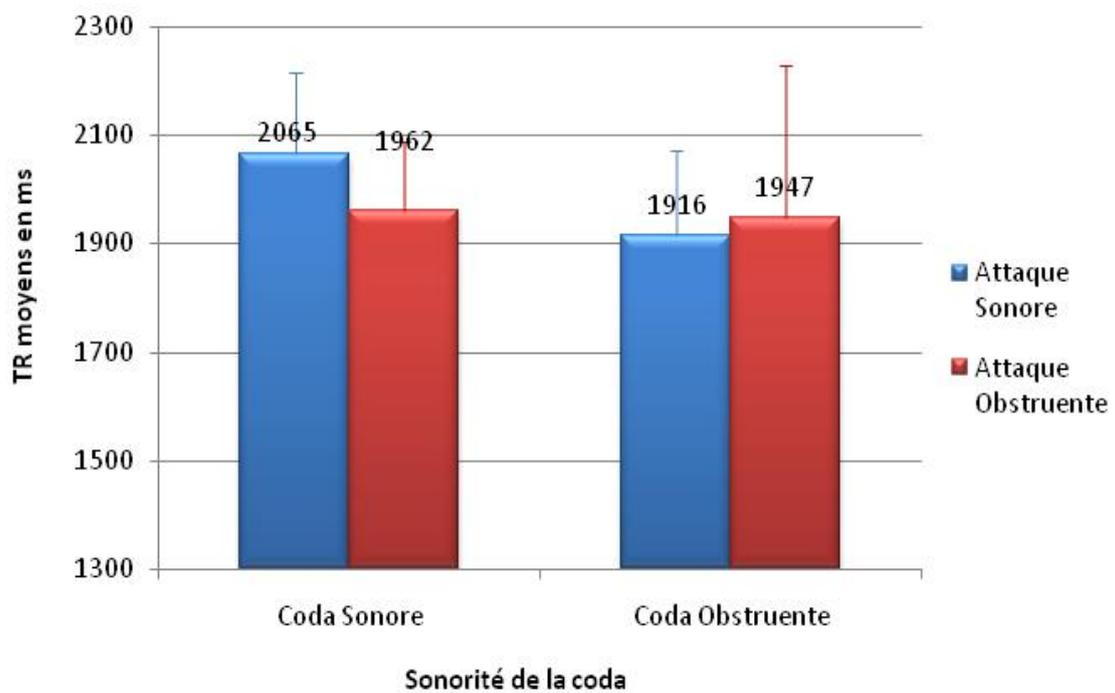
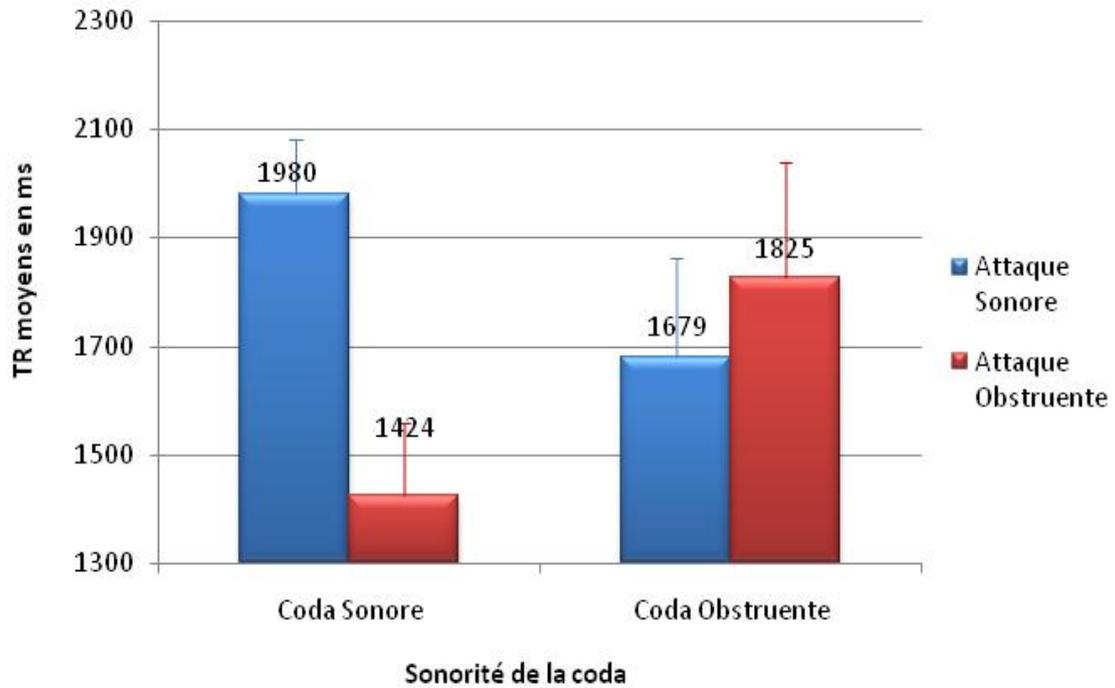
2.5.4.2. Condition 'délétion'

Les ANOVA réalisées sur les temps de réponse et les erreurs ne montrent un effet principal significatif qu'en fonction des temps de réponse, pour le facteur :

- Type de Délétion [$F_{1(1, 14)} = 6.81, p = .02, \eta^2 = 0.33, F_{2(1, 40)} = 11.28, p = .002, \eta^2 = 0.22$] ; la délétion des codas (1727ms) est plus vite perçue que la délétion des attaques (1972ms).

Enfin, une double interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque*Type de Délétion émerge significativement dans l'analyse sur les temps de réponse uniquement dans l'analyse par sujet [$F_{1(1, 14)} = 4.54, p = .05, \eta^2 = 0.25, F_{2(1, 40)} = 3.79, p = .06, \eta^2 = 0.09$]. Cette double interaction nous conduit à analyser distinctement l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque en fonction de la 'délétion de la coda' et de la 'délétion de l'attaque' (Figure 35). Cependant, l'interaction n'est significative que pour la 'délétion de la coda' [$F_{1(1, 14)} = 11.18, p = .005, \eta^2 = 0.44, F_{2(1, 20)} = 10.14, p = .005, \eta^2 = 0.34$]. Un test post-hoc de Fisher effectué pour chacune des délétions révèle des différences significatives restreintes à la 'délétion de la coda' entre le profil 'coda sonore – attaque obstruente' (1424ms) et, d'une part, le profil 'coda sonore – attaque sonore' (1980ms) [$p = .001$] et, d'autre part, le profil 'coda obstruente – attaque sonore' (1825ms) [$p = .009$]. Enfin, il existe une différence entre le profil 'coda sonore – attaque sonore' (1980ms) et le profil 'coda obstruente – attaque sonore' (1679ms) [$p = .04$]

Figure 35. Temps de réponse moyens (en ms) dans la condition 'délétion' pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque en fonction de la 'délétion de la coda' (graphique supérieur) et de la 'délétion de l'attaque' (graphique inférieur) chez les enfants NLAC.



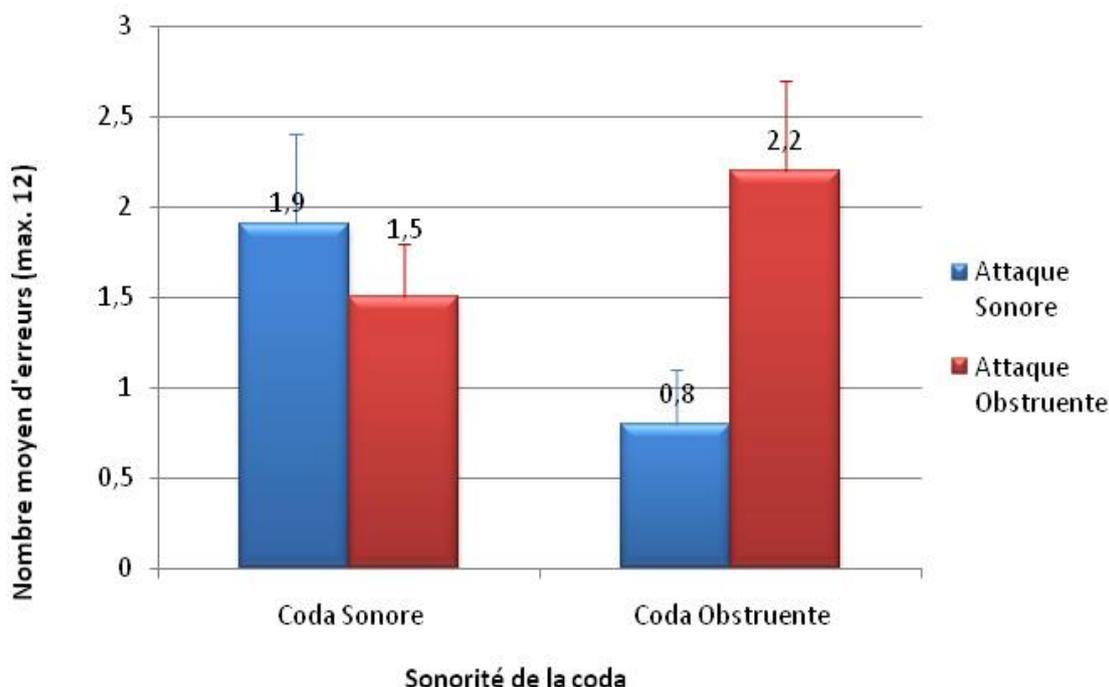
2.5.5. Au près des enfants NLAL

2.5.5.1. Condition 'identique'

Les ANOVA conduites sur les temps de réponse et sur les erreurs ne mettent en évidence aucun effet principal significatif.

En revanche, une interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque significative est dégagée en considérant les analyses sur les erreurs [$F_{1(1, 14)} = 6.05, p = .03, \eta^2 = 0.30, F_{2(1, 44)} = 7.10, p = .02, \eta^2 = 0.14$] (Figure 36).

Figure 36. Nombre d'erreurs moyen (max.12) dans la condition 'identique' pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque chez les enfants NLAL.



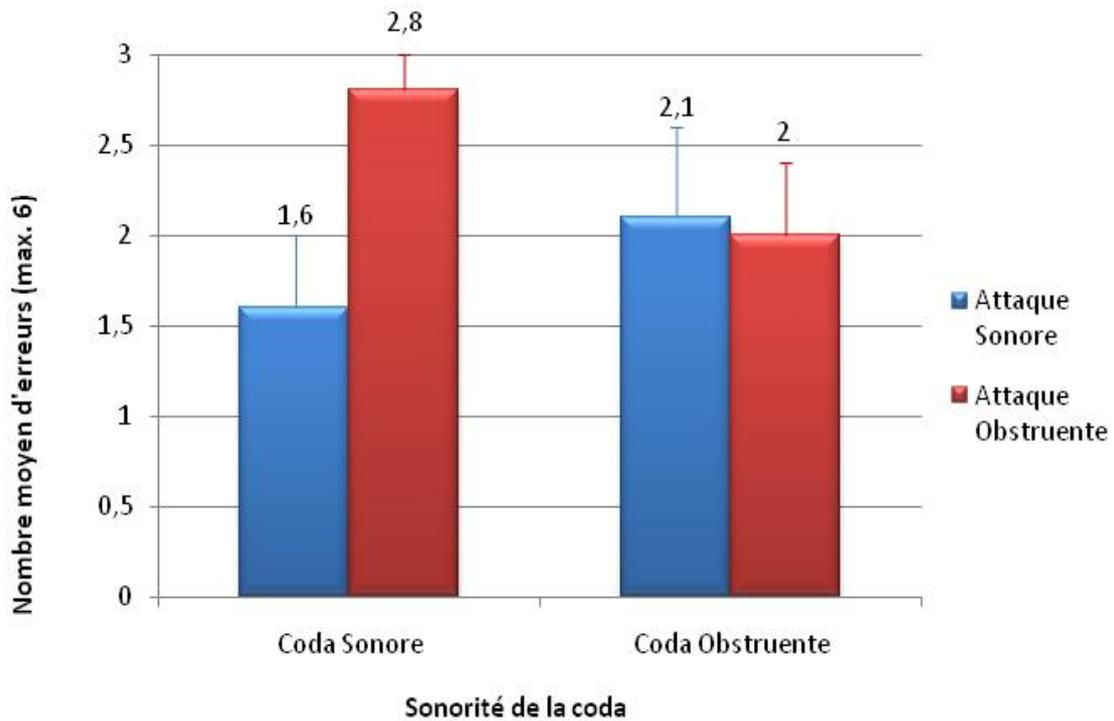
2.5.5.2. Condition 'délétion'

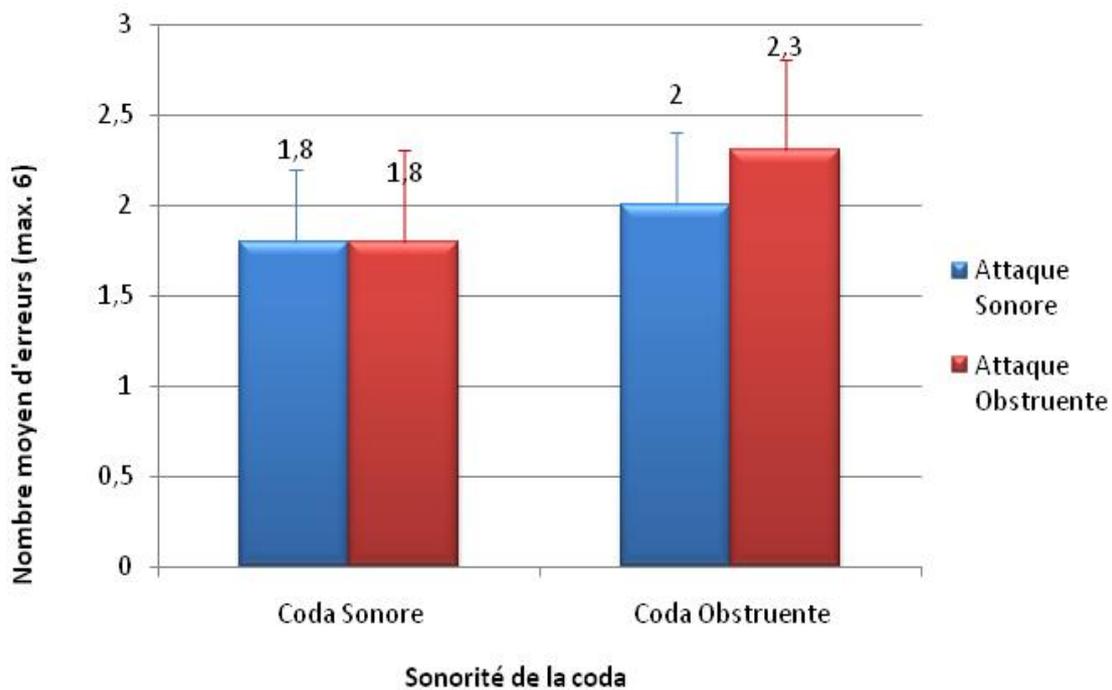
Les ANOVA menées sur les temps de réponse et les erreurs ne révèle aucun effet principal significatif mais une seule double interaction significative Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque*Type de Délétion exclusivement dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(1, 14)} = 11.49, p = .004, \eta^2 = 0.45, F_{2(1, 40)} = 5.32, p = .03, \eta^2 = 0.12$].

Compte tenu de ces résultats, nous sommes autorisés à scinder cette double interaction en fonction du facteur Type de Délétion (Figure 37). Les ANOVA ne mettent en évidence qu'une interaction significative Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque pour la 'délétion de la coda' [$F_{1(1, 14)} = 21.00, p = .0004, \eta^2 = 0.60, F_{2(1, 5)} = 4.83, p = .04, \eta^2 = 0.19$]. Un test post-hoc de

Tukey montre des différences significatives entre le profil ‘coda sonore – attaque obstruente’ (2.8) avec le profil ‘coda sonore – attaque sonore’ (1.6) [$p = .006$].

Figure 37. Nombre d'erreurs moyen (max. 6) dans la condition 'délétion' pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque en fonction de la 'délétion de la coda' (graphique supérieur) et de la 'délétion de l'attaque' (graphique inférieur) chez les enfants NLAL.





2.6. Discussion

Pour cette expérience, nous avons repris la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots, pré-testée auprès d’adultes (cf. Chapitre 9). Ici, la tâche a été proposée à des enfants dyslexiques développementaux appariés à des enfants normo-lecteurs de même âge chronologique et de même âge lexic. L’idée directrice était d’affiner les résultats issus de la tâche de détection visuelle de cible à l’initiale de mot en étudiant le type de traitements et le type d’unités utilisés par des enfants dyslexiques développementaux en lecture de pseudomots qui force le recours à une procédure phonologique. Un autre objectif était de mesurer la sensibilité des trois groupes d’enfants aux caractéristiques phonotactiques et acoustico-phonétiques aux frontières syllabiques dans l’utilisation des procédures de lecture. Enfin, il s’agissait à nouveau de comparer et de confronter les traitements et les performances des trois groupes d’enfants.

Les premières comparaisons menées pour les trois groupes d’enfants dans la condition ‘identique’ apporte des éléments intéressants sur les comportements de chaque groupe. En effet, nous validons notre prédiction portant sur une différenciation *précision-vitesse* des réponses entre les enfants DYSL, NLAL et NLAC. Les enfants NLAC répondent plus rapidement que les enfants NLAL et DYSL tandis que la différence n’est que tendancielle mais s’orientant dans le sens de notre hypothèse, entre enfants NLAL et DYSL. Nous démontrons une seconde fois les différences développementales dans les capacités de traitement, certainement liées aux aptitudes développées

par le contact répété avec l'écrit, la plus grande maîtrise des unités phonologiques et l'habileté motrice. Si la vitesse de réalisation de la tâche met clairement l'accent sur des profils dissociés entre les trois groupes d'enfants, nous n'observons pas tout à fait les mêmes résultats au niveau de la précision des réponses. Si les enfants NLAL commettent plus d'erreurs que les enfants NLAC et DYSL, la différence n'est pas significative entre les enfants NLAC et DYSL. Si, en termes de vitesse, les enfants DYSL sont plus proches des enfants NLAL que NLAC, en termes de précision, les enfants DYSL se rapprocheraient des enfants NLAC.

Il semblerait donc que les enfants DYSL présentent un *profil dissocié précision-vitesse*. Cette observation peut s'expliquer selon un axe principal. L'interprétation classique pour ce résultat voudrait défendre que les enfants DYSL, plus lents dans leurs analyses, augmentent leurs chances de fournir la bonne réponse. Cela se reflète par des temps de réponse pratiquement aussi lent que les enfants NLAL mais un taux de bonnes réponses proche de celui des enfants NLAC. De manière plus indirecte, cela nous renseigne sur une certaine forme d'efficacité des processus de traitement des pseudomots utilisés par les enfants DYSL (i.e., précision) mais aussi sur une automatisation des procédures moins aboutie que celle développée par des enfants de même âge chronologique (i.e., vitesse).

D'autre part, globalement, nous observons que les codas sonores sont mieux traitées que les codas obstruents. Ce résultat est affiné par l'interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque qui révèle des temps de traitement et un nombre d'erreurs plus faibles pour un profil de sonorité 'coda sonore – attaque obstruente'. Il s'agit-là du contact optimal entre deux syllabes respectant la courbe de sonorité entre deux segments concomitants (e.g., Kaye & Lowenstamm, 1984 ; Clements, 1990). Si ce résultat était escompté pour les enfants normo-lecteurs, à ce niveau, il n'est pas possible de déterminer si les enfants DYSL se fondent sur ce type d'indices. Ce n'est que l'analyse distincte des trois groupes qui nous renseignera avec précision. Ce qui est intéressant, c'est de pouvoir constater que le profil de sonorité optimal à la frontière syllabique est un indice prégnant chez les enfants, au même titre que ce qui est observé avec cette tâche chez les adultes et pourrait influencer directement les stratégies de segmentation syllabique. L'importance de la sonorité de la coda, plus spécifiquement une sensibilité aux codas sonores, rejoint les données statistiques du français (e.g., Content et al., 1990 ; Wioland, 1985) attestant d'une prévalence des codas sonores dans les syllabes de structure CVC mais aussi est en accord avec les travaux de Hilaire-Debove et Kehoe (2004) qui ont démontré deux aspects essentiels dans l'acquisition des consonnes finales chez les enfants français : si les consonnes obstruents et nasales semblent être les premières maîtrisées en anglais, en français, les enfants maîtrisent plus précocement les consonnes sonores en position de coda. Ce phénomène serait contingent à la fréquence d'apparition dans la langue des consonnes sonores par rapport aux

consonnes obstruantes et à la prévalence des codas sonores sur les codas obstruantes (conformément aux données statistiques).

La comparaison des trois groupes d'enfants pour la condition 'délétion' renforce le constat d'une différence significative dans la vitesse des traitements entre enfants NLAL et enfants NLAC et DYSL. Cet écart de performances est aussi marqué entre enfants NLAC et enfants DYSL. Dans le cas de la substitution d'une consonne à la frontière syllabique, la vitesse des traitements ne semble pas combler les lacunes dans la précision des réponses. Les enfants DYSL seraient dès lors plus perturbés que les enfants NLAC qui disposent de connaissances mieux consolidées et d'un accès plus automatique aux procédures phonologiques (grapho-phonémique ou grapho-syllabique).

Par ailleurs, la délétion des codas engendre des temps de réponse plus courts que la délétion des attaques. Malgré une absence d'hypothèses sur l'effet de la délétion quel que soit le groupe d'enfants, nous constatons que ce résultat serait partiellement non-conforme avec l'une de nos hypothèses. Nous pensons voir émerger une détection plus rapide de la délétion de l'attaque, qui implique une resyllabification, chez les enfants normo-lecteurs mais ce premier résultat serait concordant avec l'hypothèse d'un traitement plus bref de la délétion de la coda, qui induit la préservation de la syllabification et ne nécessite qu'un traitement séquentiel gauche-droite, chez les enfants DYSL. À nouveau, seules les analyses par groupe pourront venir étayer nos prédictions. Ainsi, la triple interaction entre tous les facteurs manipulés laisse présager d'effets différenciés selon que l'on s'intéresse aux enfants NLAL, NLAC ou enfin, DYSL.

L'étude particulière des résultats des enfants DYSL dans la condition 'identique' ne fait ressortir des effets que sur les temps de réponse dans l'interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque. Contrairement à notre hypothèse, les performances des enfants DYSL sont modulées par le profil de sonorité optimal à la frontière syllabique. Il semblerait donc que ces enfants aient développé une acuité spécifique à des indices sub-phonémiques de leur langue, ce qui est contradictoire avec les données expérimentales suggérant des déficits en analyse phonémique (e.g., Sprenger-Charolles et al., 1999 ; Wagner & Torgesen, 1987 ; Ramus, 2001) et en perception catégorielle (e.g., Breier et al., 2001 ; 2002 ; Serniclaes et al., 2001 ; 2004) nécessitant l'identification et la discrimination de caractéristiques acoustico-phonétiques fines. Nous pouvons, cependant, voir là la manifestation d'une habileté orthographique née des expériences avec l'écrit, sans aucun lien avec une aptitude dédiée au traitement de traits acoustico-phonétique fins.

Dans la condition 'délétion', nous confirmons nos attentes avec des traitements plus courts lorsque la délétion porte sur la coda plutôt que sur l'attaque. Ce résultat s'accorde parfaitement

avec l'idée d'un traitement sériel allant de gauche à droite, indiquant que plus la différence entre le pseudomot-cible et le pseudomot-test est précoce, plus l'irrégularité sera détectée rapidement. Ce comportement est compatible avec l'hypothèse d'un traitement lettre à lettre purement visuel mais aussi avec l'hypothèse d'un traitement grapho-phonémique bien que cette dernière possibilité ne soit pas en accord avec notre hypothèse défendant une incapacité à réaliser des traitements phonologiques pour les enfants DYSL.

L'étude détaillée de l'interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque nous informe que les enfants DYSL, dans le cas de la délétion de la coda, ont des performances qui s'améliorent quand la sonorité de la consonne qui demeure au sein du cluster intervocalique permet de conserver un profil de sonorité idéal, c'est-à-dire lorsque que la simplification en une structure syllabique CV est immédiatement suivie d'une consonne plus basse en sonorité, à savoir une consonne obstruente. Ce constat se retrouve dans le cas de la délétion de l'attaque. En effet, la suppression d'une attaque sonore dans un profil 'coda obstruente – attaque sonore' entraîne une frontière syllabique qui continue de respecter les règles optimales de sonorité qui est mieux détectée en comparaison du profil 'coda sonore – attaque sonore' où voyelle de la première syllabe et attaque de la seconde syllabe sont trop similaires en termes de sonorité. Nous retrouvons bien un pattern de résultats attestant d'une sensibilité des enfants DYSL à la sonorité aux frontières syllabiques.

Les résultats observés auprès des enfants NLAC, dans les conditions 'identique' et 'délétion' n'apportent des informations qu'au niveau des temps de réponse. Aucune donnée significative n'est obtenue concernant le nombre d'erreurs. Comme les adultes, les enfants NLAC répondent plus rapidement dans la condition 'identique' lorsque les codas sont sonores plutôt qu'obstruents. De même, l'interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque révèle que les enfants NLAC présente de meilleures performances si l'optimalité sonore du cluster consonantique est présentée.

Dans la condition 'délétion', les enfants NLAC se comportent également comme les adultes : la délétion des codas est mieux perçue que la délétion des attaques. Enfin, comme pour les adultes, l'interaction significative entre la sonorité de la coda, la sonorité de l'attaque et le type de délétion permet de voir une amélioration significative des traitements lorsqu'il s'agit d'une suppression de codas sonores dans un profil optimal, permettant de conserver une cohésion élevée entre la première syllabe de structure CV et l'attaque de la seconde syllabe de sonorité plus faible constituée d'une consonne obstruente.

Ces données sont riches en informations. D'une part, nous pouvons établir un parallèle entre les performances des enfants NLAC et les adultes. Les enfants NLAC disposeraient d'ores

et déjà de compétences de lecture qui s'apparentent à celles d'adultes experts. D'autre part, nous retrouvons la présence d'une sensibilité au profil de sonorité optimal, qu'il s'agisse de contacts entre une syllabe CVC ou CV précédant une syllabe disposant d'une attaque. En résumé, nous pourrions avancer l'idée selon laquelle les enfants NLAC, bien que sensible à la sonorité, n'effectuent pas de procédures phonologiques de resyllabification mais s'appuient essentiellement sur des procédures séquentielles où la syllabification est préservée. Nous pourrions aussi plaider, comme chez les adultes, en faveur d'une préférence pour la structure syllabique CV, plus universelle et optimale (Clements & Keyser, 1983). Nous pourrions argumenter en faveur d'un meilleur encodage de la syllabe initiale CVC comportant une coda sonore dont la cohésion est très élevée avec la voyelle précédente, ce qui expliquerait que sa délétion soit éventuellement mieux détectée.

Contrairement aux deux autres populations d'enfants, tous les résultats mis en évidence chez les enfants NLAL ne s'obtiennent qu'en analysant le nombre d'erreurs, que ce soit dans la condition 'identique' ou 'délétion'. À l'inverse des autres groupes, l'interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque ne penche pas dans la même direction dans la condition 'identique'. Les enfants NLAL traitent plus efficacement (i.e., moins d'erreurs) le profil 'coda obstruente – attaque sonore' qui n'est pourtant pas une configuration traditionnelle à la frontière syllabique en Français. Nous disposons de deux explications plausibles. Dans un premier temps, cela peut indiquer que les enfants les plus jeunes, avec moins d'expérience, ne base pas encore leurs analyses sur une segmentation syllabique, ce qui justifierait l'absence d'un effet de sonorité optimale à la frontière syllabique. Cette interprétation est d'autant plus vraie lorsque l'on voit que les enfants NLAC, DYSL et les adultes, plus longuement exposés à l'écrit, sont sensibles à ce profil qui permet une segmentation en syllabes distinctes. Dans un second temps, cela peut être mis en relation étroite avec des universaux linguistiques. En effet, Bernhardt et Stemberger (1998) montrent que les premières consonnes en position de coda que s'approprient les enfants sont des obstruents sourdes. En rapprochant cette donnée aux résultats de Calmus (2007) qui ont mis en relief dans la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de pseudomots que « l'effet de compatibilité syllabique tendrait à se manifester quelle que soit la nature de la consonne pivot, bien que cet effet paraisse plus stable pour les occlusives », il nous est maintenant possible d'expliquer les observations que nous avons faites pour les enfants NLAL.

Dans la condition 'délétion', la double interaction entre la sonorité de la coda, la sonorité de l'attaque et le type de délétion, la significativité de l'interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque ne se retrouve qu'en condition de 'délétion de la coda'. Le pattern de réponse met en évidence un nombre d'erreurs plus important lorsque la coda supprimée est sonore

dans le profil ‘coda sonore – attaque obstruente’ par rapport au profil ‘coda sonore – attaque sonore’. Ce résultat est difficile à interpréter. En effet, les enfants NLAL seraient en difficulté pour traiter un profil simplifié CV suivi d’une attaque obstruente alors que les enfants NLAC, par exemple, sont plus performants pour cette même situation. Comme dans la condition ‘identique’, les enfants NLAL préféreraient un profil dans lequel l’attaque de la seconde syllabe est sonore. Cela semble assez paradoxal aux constantes linguistiques et à nos précédents résultats. Enfin, le seul résultat qui réunit les trois groupes d’enfants concerne l’effet facilitateur de la délétion de la coda sur la délétion de l’attaque.

Cependant, compte tenu de la divergence des comportements des enfants NLAL avec les enfants NLAC et DYSL, et en nous appuyant sur les résultats obtenus dans l’expérience précédente, nous proposons d’interpréter ce résultat en faveur d’un traitement qui ne repose pas sur une segmentation syllabique mais plutôt sur un traitement phonologique grapho-phonémique. Comme pour le traitement des syllabes peu fréquentes dans l’expérience précédente, les enfants NLAL ne disposeraient pas d’automatismes suffisants et d’un niveau d’expertise conséquent pour recourir à des unités plus larges que les phonèmes pour traiter des items rares ou atypiques. Ils devraient donc systématiquement utiliser une procédure coûteuse cognitivement qui consiste en un découpage en phonème et non en syllabe. Cette charge cognitive de traitement expliquerait pourquoi les enfants NLAL sont les plus lents, commettent le plus d’erreurs et sont insensibles aux caractéristiques de leur langue puisqu’ils focaliseraient toutes leurs ressources attentionnelles sur la comparaison et la segmentation phonème par phonème jusqu’à valider ou rejeter la ressemblance. Pour conclure, il est possible d’estimer que l’absence d’une assise sémantique ait pu entraver l’application d’une procédure phonologique basée sur des unités larges qui aurait induit très probablement un taux d’erreurs plus important.

Les résultats que nous obtenons dans cette tâche permettent de renforcer progressivement les informations que nous avons recueillies grâce à la tâche de détection visuelle de cible à l’initiale de mot. Nous retrouvons une différence dans la vitesse de traitements entre les trois groupes d’enfants : les enfants DYSL ont des performances intermédiaires entre les deux populations d’enfants normo-lecteurs. En revanche, nous voyons que la précision des traitements ne diffère qu’entre les enfants NLAL et les enfants DYSL et NLAC. Ces deux premières informations indiquent que les enfants DYSL peuvent avoir des traitements qualitativement proches d’enfants de même âge chronologique mais qu’ils ont besoin d’un temps de traitement plus long, certainement pour contacter les représentations adéquates. De plus, nous relevons que les enfants les plus jeunes ne sont capables de traiter des pseudomots que sur la base d’un traitement grapho-phonémique, comme lorsqu’ils devaient traiter des syllabes peu fréquentes,

sans être influencés par la sonorité aux frontières syllabiques. Ce pattern est diamétralement opposé à ce que l'on a découvert auprès des enfants NLAC et DYSL qui présentent des similitudes dans leurs traitements qui seraient de nature grapho-syllabique en se fondant sur l'optimalité du contact entre les deux syllabes. Nous validons donc le recours aux unités syllabiques chez les enfants NLAC, d'autant plus que leurs patterns sont en adéquation avec ce que l'on avait mis en évidence chez les adultes. Concernant les enfants DYSL, nous ne pouvons pas rejeter l'incapacité de ces enfants à utiliser une procédure phonologique, notamment basée sur la syllabe. L'apport de cette expérience nous permet d'une part, de renforcer l'importance de la syllabe en lecture auprès d'enfants présentant des troubles d'apprentissage mais aussi d'évaluer l'impact de caractéristiques fines de la langue sur la qualité et le type de traitement mis en œuvre par ces enfants. Nous pouvons enfin faire un parallèle entre nos deux tâches : la procédure grapho-syllabique semblerait largement influencée par les caractéristiques phonotactiques de la langue, en plus de la fréquence syllabique. Si l'on se reporte à l'expérience précédente, on se rend compte que tout le matériel alors utilisé respectait sans dérogation le contact idéal entre deux syllabes aussi bien pour les mots de structure syllabique initiale CV que CVC (e.g., PA.RADE, CAR.BONE...), à savoir une sonorité élevée en coda de première syllabe suivie d'une chute de la sonorité en attaque de seconde syllabe. Cela pourrait avoir contribué aux résultats précédemment observés et abonder dans le sens de l'existence d'une contrainte de sonorité pour pouvoir effectuer une segmentation syllabique. Afin de nous assurer de l'importance de la sonorité et des contraintes phonotactiques dans le recours aux syllabes, nous estimons que des preuves supplémentaires sont nécessaires.

3. Étude comparative auprès d'enfants dyslexiques appariés à des enfants normo-lecteurs avec le paradigme des conjonctions illusoires

3.1. Introduction

L'utilisation de cette tâche a pour vocation de renforcer nos résultats obtenus dans les deux précédentes expériences. Il s'agit d'affirmer ou d'infirmer le recours à l'unité syllabique chez des enfants dyslexiques à l'aide d'un paradigme basé sur l'identification perceptive d'une lettre à la frontière syllabique de pseudomots. Nous souhaitons également mesurer l'impact de facteurs linguistiques et phonotactiques d'une part dans les performances et d'autre part, dans le type d'unités sollicitées en lecture. Enfin, comme pour les autres tâches, nous tentons de caractériser les comportements de ces enfants dyslexiques comparés à des enfants de mêmes âges chronologiques et lexiques.

3.2. Rappel de la problématique

La problématique exposée par cette expérience est sous-tendue par trois questions : – les enfants dyslexiques effectuent-ils un traitement phonologique syllabique des pseudomots ? – le profil de sonorité optimal (i.e., coda sonore – attaque obstruente) ainsi que la position des lettres-cibles à la frontière syllabique sont-ils des facteurs pertinents dans le recours à la segmentation syllabique chez des enfants normo-lecteurs et dyslexiques ? – les enfants dyslexiques ont-ils des profils de réponse distincts d'enfants ne présentant aucun trouble de l'apprentissage de la lecture ?

3.3. Méthode

3.3.1. Participants

Quinze enfants diagnostiqués dyslexiques (i.e., DYSL) avec troubles phonologiques, différents de ceux vus lors des tâches précédentes, ont été retenus pour cette expérience. Ils ont été appariés à la même population d'enfants normo-lecteurs de même âge chronologique (i.e., NLAC) que celle retenue dans les tâches précédentes. Enfin, les quinze enfants de même âge lexique (i.e., NLAL) testés dans la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots ont été sélectionnés (Tableau 20)³⁵.

³⁵ Les enfants DYSL ont été vus dans le cadre du Service de Neuropédiatrie de l'Hôpital du Kremlin-Bicêtre (France) dirigé par le Dr. Catherine Billard.

Tableau 20. Caractéristiques des trois populations d'enfants pour le paradigme des conjonctions illusoires.

	Populations d'enfants		
	<u>DYSL</u>	<u>NLAC</u>	<u>NLAL</u>
Âge chronologique	10 ans et 0 mois σ : 15.2	10 ans et 4 mois σ : 12.3	7 ans et 0 mois σ : 6.2
Âge lexique	7 ans et 4 mois σ : 6.1	11 ans et 5 mois σ : 5.3	7 ans et 4 mois σ : 4.7

Tous les enfants normo-lecteurs étaient exclusivement de langue maternelle française, droitiers et sans problèmes psychologiques, comportementaux ou neurologiques. Ils n'étaient ni redoublant ni en avance. Enfin, ils avaient tous une vue normale ou corrigée.

3.3.2. Tests de lecture

Les mêmes tests et les mêmes scores que ceux obtenus avant de réaliser les tâches précédentes ont été conservés comme référence pour estimer l'âge lexique des enfants NLAC et NLAL.

3.3.3. Stimuli

Les stimuli employés sont similaires à ceux employés au Chapitre 9 (cf. Partie 2.3.3.).

3.3.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est le même que celui utilisé et décrit au Chapitre 9 (cf. Partie 2.3.4.).

3.3.5. Procédure

La procédure est identique à celle utilisée et détaillée au Chapitre 9 (cf. Partie 2.3.5.).

3.4. Hypothèses générale et opérationnelles

L'hypothèse générale de cette expérience, semblable à celle postulée pour la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle, était la suivante :

- Les enfants dyslexiques ne s'appuient pas sur une procédure phonologique syllabique et ne sont pas affectés par des traits acoustico-phonétiques pertinents pour traiter des pseudomots contrairement à des enfants normo-lecteurs.

Nous prédisons ainsi quatre hypothèses opérationnelles :

Hypothèse opérationnelle 8a : Compte tenu des faibles performances en lecture et dans des tâches impliquant des traitements phonologiques chez les enfants dyslexiques, les difficultés d'utilisation des règles CGP gêneraient le recours à la procédure de recodage phonologique. Nous défendons à nouveau l'hypothèse selon laquelle les enfants dyslexiques n'utilisent pas de procédure phonologique grapho-syllabique mais plutôt un traitement visuel séquentiel pour traiter les pseudomots. Nous ne devrions donc pas observer des temps de réponse et un nombre d'erreurs en faveur de la condition 'compatibilité syllabe-couleur' mais probablement une absence de différences entre les deux conditions expérimentales et une détection plus efficace de la lettre-cible 'coda', plus proche séquentiellement du début du pseudomot.

Hypothèse opérationnelle 8b : Chez les enfants dyslexiques, nous postulons une insensibilité de ces enfants aux caractéristiques acoustico-phonétiques comme indices de segmentation syllabique. En d'autres termes, dans la condition 'compatibilité syllabe-couleur', nous ne devrions pas observer d'avantage pour un profil de sonorité particulier par rapport aux autres.

Hypothèse opérationnelle 8c : Chez les enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques, nous prédisons une utilisation d'unités syllabiques. Nous devrions donc observer de meilleures performances (i.e., nombre d'erreurs et temps de réponse) en condition 'compatibilité syllabe-couleur' par rapport à la condition 'incompatibilité syllabe-couleur'. Par ailleurs, grâce à une sensibilité acoustico-phonétique développée par exposition au langage oral et aux régularités de l'écrit, nous assumons le point de vue selon lequel ces enfants devraient être plus sensibles au profil de sonorité optimal 'coda sonore – attaque obstruente' dans la condition 'compatibilité syllabe-couleur'.

Hypothèse opérationnelle 8d : Enfin, nous devrions observer des temps de réponse globaux plus courts et un nombre d'erreurs global plus faible chez les enfants appariés en âge chronologique par rapport aux enfants appariés en âge lexique. Ce résultat respecterait l'automatisation progressive des procédures de traitement de l'écrit. En revanche, malgré la présence de déficits phonologiques, les performances des enfants dyslexiques qui sont en partie dépendantes d'habiletés développées avec la répétition des expositions à l'écrit depuis un nombre d'années plus important que les enfants appariés en âge lexique, devraient se situer à un niveau intermédiaire entre les deux groupes d'enfants normo-lecteurs.

3.5. Résultats

3.5.1. Introduction

Plusieurs analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été conduites selon les plans expérimentaux suivants :

- Pour *F1* et *F2*, globalement : $S_{15} < G_3 > * R_2 * C_2 * A_2 * D_2$, et $I_6 < C_2 * A_2 * D_2 > * R_2 * G_3$,
- Pour *F1* et *F2* dans la condition ‘compatibilité syllabe-couleur’ : $S_{15} < G_3 > * C_2 * A_2 * D_2$, et $I_6 < C_2 * A_2 * D_2 > * G_3$,
- Pour *F1* et *F2* dans la condition ‘incompatibilité syllabe-couleur’ : $S_{15} < G_3 > * C_2 * A_2 * D_2$, et $I_6 < C_2 * A_2 * D_2 > * G_3$ ³⁶.

Seuls les temps de réponse corrects ont été retenus lors des analyses. Les temps de réponse corrects ont été standardisés (*trimming* d’environ 2.4% des données) et considérés comme des erreurs. Des analyses statistiques ont été effectuées sur les erreurs (environ 26.4% des données). Les données descriptives sont résumées dans les Tableau 21 et Tableau 22.

Tableau 21. Récapitulatif descriptif pour la condition 'compatibilité syllabe-couleur' avec les temps de réponse moyens (en ms), l'erreur standard (entre parenthèses) et le pourcentage d'erreur pour les enfants de NLAC, NLAL et DYSL.

	Condition ‘compatibilité’							
	Coda Sonore				Coda Obstruente			
	Attaque Sonore		Attaque Obstruente		Attaque Sonore		Attaque Obstruente	
	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque
NLAC	1043 (58) 2.1%	897 (42) 2.1%	862 (38) 2.5%	821 (44) 2.4%	1038 (60) 2.6%	940 (80) 2.5%	1093 (65) 2.6%	940 (52) 2.1%
NLAL	1269 (140) 5.7%	1178 (63) 3.6%	1319 (98) 3.6%	1198 (82) 3.6%	1139 (85) 5.1%	1167 (99) 5.0%	1225 (88) 5.4%	1265 (102) 4.0%
DYSL	1220 (145) 1.8%	1244 (133) 1.8%	983 (88) 2.5%	1019 (135) 1.7%	1075 (94) 2.5%	1013 (94) 2.4%	1219 (107) 1.8%	1260 (100) 1.8%

³⁶ Sonorité de la Coda = C ; Sonorité de l’Attaque = A ; Type de Détection = D ; Recouvrement = R ; Groupe = G ; Sujet = S et Item = I.

Tableau 22. Récapitulatif descriptif pour la condition 'incompatibilité syllabe-couleur' avec les temps de réponse moyens (en ms), l'erreur standard (entre parenthèses) et le pourcentage d'erreur pour les enfants de NLAC, NLAL et DYSL.

	Condition 'incompatibilité'							
	Coda Sonore				Coda Obstruente			
	Attaque Sonore		Attaque Obstruente		Attaque Sonore		Attaque Obstruente	
	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque	Détection Coda	Détection Attaque
NLAC	1064 (27) 2.4%	1076 (42) 3.1%	1012 (35) 3.3%	986 (39) 2.9%	1119 (44) 3.2%	1132 (36) 3.1%	1036 (79) 2.8%	1036 (32) 3.1%
NLAL	1301 (98) 4.0%	1281 (92) 4.3%	1356 (104) 4.3%	1199 (152) 5.3%	1274 (103) 3.8%	1170 (105) 5.1%	1206 (77) 4.6%	1313 (101) 5.8%
DYSL	1238 (165) 2.6%	1402 (107) 3.6%	1385 (170) 4.2%	1189 (100) 3.5%	1298 (272) 3.8%	1184 (138) 3.1%	1366 (130) 1.9%	1109 (76) 3.8%

3.5.2. Analyse comparative des trois groupes d'enfants

3.5.2.1. Analyse comparative des deux conditions expérimentales

Les ANOVA effectuées d'une part sur les temps de réponse et, d'autre part sur les erreurs pour l'ensemble des facteurs et pour les trois populations d'enfants, mettent en évidence trois effets principaux significatifs des facteurs :

- Groupe, dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 3.24, p = .05, \eta^2 = 0.13, F_{2(2, 240)} = 36.13, p < .0001, \eta^2 = 0.23$], et dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 42)} = 12.75, p < .0001, \eta^2 = 0.38, F_{2(2, 240)} = 51.52, p < .0001, \eta^2 = 0.30$].

Un test t de Student réalisé sur les temps de réponse révèle que les enfants NLAL (1241ms) répondaient significativement plus lentement que les enfants NLAC (1006ms) [$t[28] = -8.31, p < .0001$] et DYSL (1200ms) [$t[28] = 8.31, p < .0001$]. Aucune différence n'est mise en relief entre les enfants DYSL et les enfants NLAC ($p > .1$).

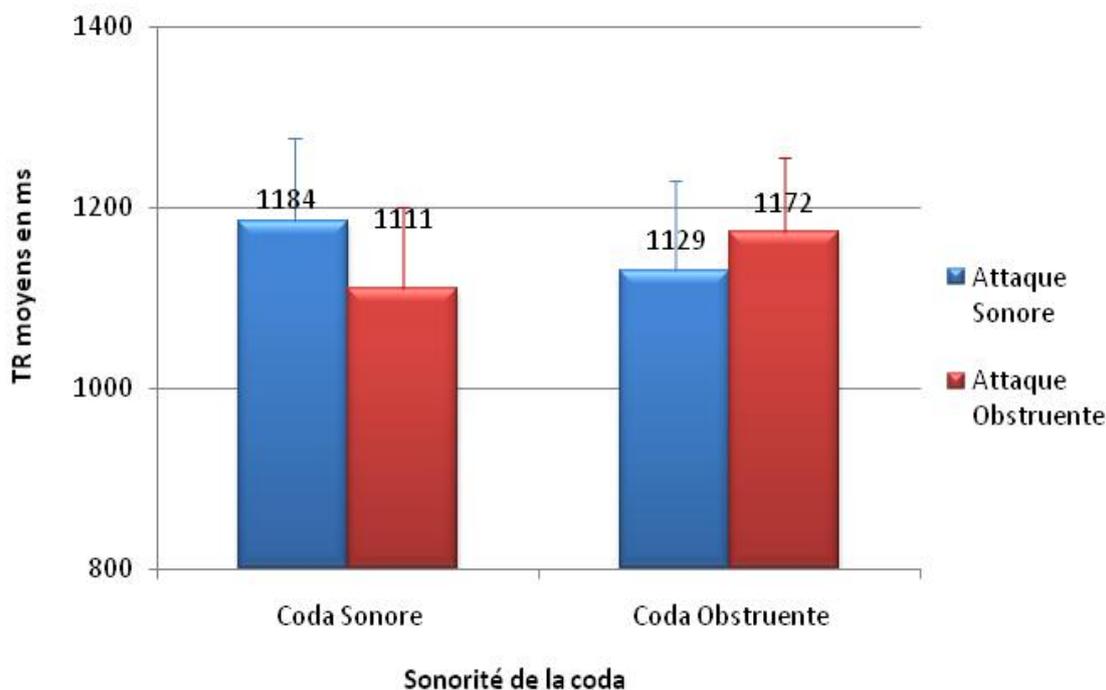
Par ailleurs, un test t de Student montre que les enfants NLAL (2.2) ont significativement commis plus d'erreurs que les enfants NLAC (1.3) [$t[28] = -8.59, p < .0001$] et DYSL (1.3) [$t[28] = 8.05, p < .0001$]. Cependant, aucune différence significative n'émerge entre enfants NLAC et DYSL ($p > .1$).

- Recouvrement, dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 11.43, p = .002, \eta^2 = 0.21, F_{2(1, 240)} = 16.36, p < .0001, \eta^2 = 0.06$], et dans l'analyse sur les erreurs [$F_{1(2, 42)} = 6.73, p = .01, \eta^2 = 0.14, F_{2(1, 240)} = 14.19, p = .0002, \eta^2 = 0.06$] ; globalement, les enfants répondent plus vite (1101ms) et commettent moins d'erreurs (1.4) dans la condition 'compatibilité' que dans la condition 'incompatibilité' (1.8) et (1197ms).

- Type de Détection, dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 4.52, p = .04, \eta^2 = 0.10, F_{2(1, 240)} = 4.40, p = .04, \eta^2 = 0.02$] ; toutes populations d'enfants confondues, la détection des attaques (1126ms) est plus rapide que la détection des codas (1173ms).

De plus, une interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque sort significative dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(2, 42)} = 8.62, p = .005, \eta^2 = 0.17, F_{2(1, 240)} = 5.15, p = .02, \eta^2 = 0.02$] (Figure 38). L'analyse de contrastes met en évidence que l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque est significative car les temps de réponse du profil 'coda sonore – attaque obstruente' comparé au profil 'coda obstruente – attaque obstruente' sont plus courts [$F_{(1, 42)} = 5.43, p = .03$].

Figure 38. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque, toutes conditions confondues, pour les trois groupes d'enfants (i.e., NLAC, NLAL et DYSL).



3.5.3. Auprès des enfants DYSL

3.5.3.1. Analyse des deux conditions expérimentales

Les ANOVA conduites sur les temps de réponse et les erreurs ne fait émerger qu'une unique interaction significative dans l'analyse sur les temps de réponse :

- Recouvrement [$F_{1(1, 14)} = 4.63, p = .05, \eta^2 = 0.25, F_{2(1, 80)} = 10.84, p = .002, \eta^2 = 0.12$] (mais de manière tendancielle dans l'analyse sur les erreurs par sujet et significative par item [$F_{1(1, 14)} = 3.85, p = .07, \eta^2 = 0.22, F_{2(1, 80)} = 18.44, p < .0001, \eta^2 = 0.19$] ; la couleur

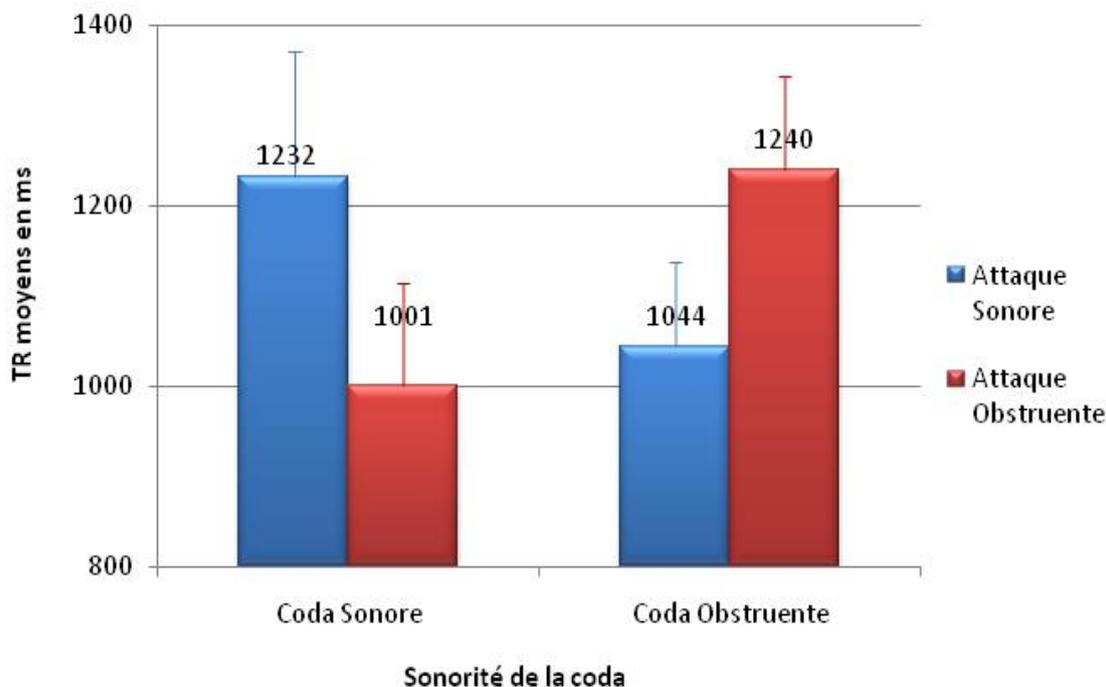
de la lettre-cible est plus rapidement détectée dans la condition de compatibilité syllabe-couleur (1129ms) que dans la condition d'incompatibilité syllabe-couleur (1271ms).

Enfin, l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque apparaît significative dans l'analyse des temps de réponse dans l'analyse par sujet [$F_{1(1, 14)} = 9.19, p = .009, \eta^2 = 0.40, F_2 < 1$] ; globalement, toute condition expérimentale confondue, un test post-hoc de Fisher permet d'observer une différence significative entre le profil de sonorité 'coda sonore – attaque obstruente' et le profil de sonorité 'coda sonore – attaque sonore' ($p = .03$).

3.5.3.2. Analyse de la condition 'compatibilité'

Les ANOVA ne révèlent que seule l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque émerge significativement et uniquement pour l'analyse des temps de réponse [$F_{1(1, 14)} = 12.19, p = .004, \eta^2 = 0.47, F_{2(1, 40)} = 12.99, p = .0009, \eta^2 = 0.25$] (Figure 39). L'analyse des contrastes met en évidence une différence significative entre le profil de sonorité 'coda sonore – attaque obstruente' et les trois autres profils [$F_{1(1, 14)} = 6.98, p = .02$].

Figure 39. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque dans la condition expérimentale 'compatibilité syllabe-couleur' chez les enfants DYSL.



3.5.3.3. Analyse de la condition ‘incompatibilité’

Les ANOVA menées sur les temps de réponse et les erreurs ne permettent pas de dégager un résultat significatif, ni même une tendance statistique. Tous les résultats obtenus présentent des F_1 et des F_2 inférieurs à 1.

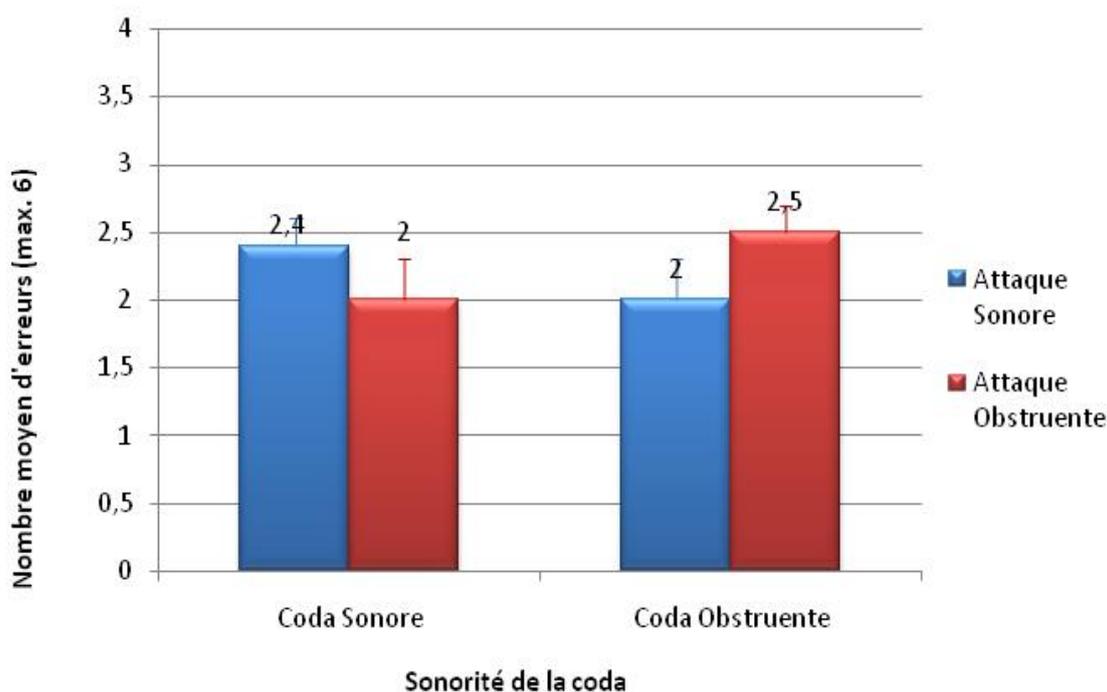
3.5.4. Au près des enfants NLAL

3.5.4.1. Analyse des deux conditions expérimentales

Les ANOVA réalisées sur les temps de réponse ne montrent ni résultat significatif, ni tendance statistique. Tous les résultats présentent des F_1 et des F_2 inférieurs à 1. Cependant, une unique interaction Recouvrement*Type de Détection se révèle significative dans l’analyse sur les erreurs [$F_{1(1, 14)} = 11.96, p = .004, \eta^2 = 0.46, F_{2(1, 80)} = 8.11, p = .006, \eta^2 = 0.09$] (Figure 40). Un test post-hoc de Fisher montre que l’interaction est significative grâce à la différence significative existante entre :

- la détection des attaques en recouvrement ‘compatibilité’ (2.0) par rapport à la détection des attaques en recouvrement ‘incompatibilité’ (2.5) ($p = .01$),
- la détection des attaques (2.0) et des codas (2.4) en recouvrement ‘compatibilité’ ($p = .03$),
- la détection des codas (2.0) et des attaques (2.5) en recouvrement ‘incompatibilité’ ($p = .02$).

Figure 40. Nombre moyen d’erreurs (max. 6) pour l’interaction Recouvrement*Type de Détection, toutes conditions confondues, chez les enfants NLAL.



3.5.5. *Après des enfants NLAC*

3.5.5.1. *Analyse des deux conditions expérimentales*

Les ANOVA ne mettent en exergue des résultats significatifs que dans l'analyse sur les temps de réponse pour les quatre facteurs principaux considérés :

- Recouvrement [$F_{1(1, 14)} = 7.37, p = .02, \eta^2 = 0.29, F_{2(1, 80)} = 14.075, p = .0003, \eta^2 = 0.15$] ; l'assignation de la couleur à la lettre-cible est plus rapide dans la condition de compatibilité syllabe-couleur (954ms) que dans la condition d'incompatibilité syllabe-couleur (1058ms).
- Type de Détection [$F_{1(1, 14)} = 10.25, p = .006, \eta^2 = 0.42, F_{2(1, 80)} = 4.01, p = .05, \eta^2 = 0.05$] ; la détection de la lettre-cible en position d'attaque (978ms) est globalement plus rapide qu'en position de coda (1033ms).
- Sonorité de la Coda [$F_{1(1, 14)} = 10.57, p = .006, \eta^2 = 0.43, F_{2(1, 80)} = 6.73, p = .01, \eta^2 = 0.08$] ; les codas sonores (970ms) engendrent des temps de réponse plus brefs que les codas obstruents (1042ms).
- Sonorité de l'Attaque [$F_{1(1, 14)} = 16.76, p = .001, \eta^2 = 0.55, F_{2(1, 80)} = 5.59, p = .02, \eta^2 = 0.07$] ; les attaques obstruents (973ms) sont détectées plus vite que les attaques sonores (1039ms).

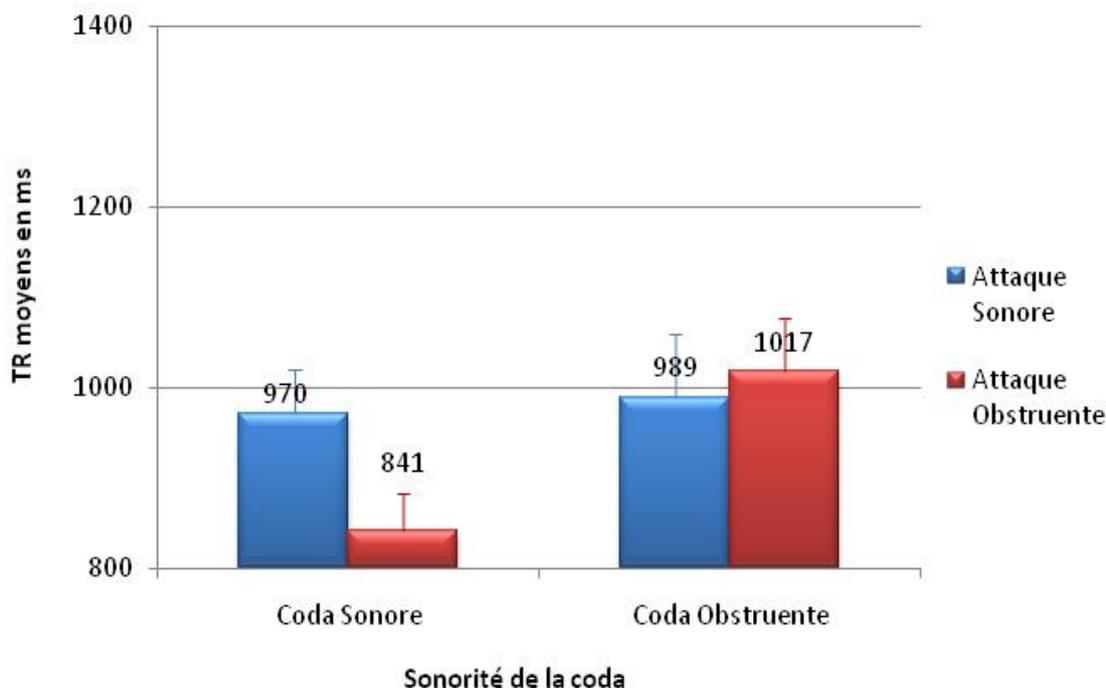
3.5.5.2. *Analyse de la condition 'compatibilité'*

Les ANOVA ne montrent des résultats significatifs que dans l'analyse sur les temps de réponse pour les trois facteurs principaux :

- Sonorité de la Coda [$F_{1(1, 14)} = 7.01, p = .02, \eta^2 = 0.33, F_{2(1, 40)} = 9.38, p = .004, \eta^2 = 0.19$] ; les codas sonores (906ms) engendraient des temps de réponse plus brefs que les codas obstruents (1003ms).
- Sonorité de l'Attaque, uniquement dans l'analyse par sujet [$F_{1(1, 14)} = 7.00, p = .02, \eta^2 = 0.33, F_2 < 1$] ; les attaques obstruents (929ms) sont détectées plus vite que les attaques sonores (980ms).
- Type de Détection [$F_{1(1, 14)} = 9.99, p = .007, \eta^2 = 0.42, F_{2(1, 40)} = 12.00, p = .001, \eta^2 = 0.23$] ; la détection de la lettre-cible en position d'attaque est plus rapidement réalisée (900ms) qu'en position de coda (1009ms).

Enfin, l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque est également significative dans l'analyse sur les temps de réponse [$F_{1(1, 14)} = 5.10, p = .04, \eta^2 = 0.27, F_{2(1, 40)} = 6.20, p = .02, \eta^2 = 0.13$] (Figure 41) ; la détermination de la couleur de la lettre-cible est plus courte dans le cas d'un profil 'coda sonore – attaque obstruente' comparativement aux trois autres profils [$F_{1(1, 14)} = 27.76, p = .0002$].

Figure 41. Temps de réponse moyens (en ms) pour l'interaction Sonorité de la Coda*Sonorité de l'Attaque dans la condition expérimentale 'compatibilité syllabe-couleur' chez les enfants NLAC.



3.5.5.3. Analyse de la condition 'incompatibilité'

Les ANOVA réalisées sur les temps de réponse et les erreurs ne révèlent aucun résultat significatif, ni même aucune tendance statistique. Tous les résultats obtenus présentent des $F1$ et des $F2$ inférieurs à 2.

3.6. Discussion

Avec cette dernière expérience, nous avons employé le paradigme des conjonctions illusoires pré-testé auprès d'adultes (cf. Chapitre 9, Partie 2.). Cette tâche a été administrée à des enfants dyslexiques développementaux appariés à des enfants normo-lecteurs de même âge chronologique et de même âge lexicale. L'un des objectifs consistait à compléter les données des deux expériences précédentes en cherchant à valider le type de traitements (i.e., phonologique ou visuel) et le type d'unités utilisés (i.e., phonème ou syllabe) par des enfants dyslexiques développementaux en identification perceptive d'une lettre-cible à la frontière syllabique de pseudomots. Il s'agissait aussi d'évaluer la sensibilité des trois groupes d'enfants aux caractéristiques phonotactiques et acoustico-phonétiques aux frontières syllabiques dans

l'utilisation des procédures de lecture. Enfin, l'étude visait à comparer et à confronter les traitements et les performances des trois groupes d'enfants.

Les comparaisons réalisées entre les deux conditions expérimentales, pour les trois groupes d'enfants, font apparaître une différence aussi bien sur les temps de réponse que sur les erreurs. Notre hypothèse selon laquelle nous devrions observer des différences dans les temps de traitement et dans le nombre d'erreurs est partiellement validée. Comme dans la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots, les enfants NLAL sont plus lents que les enfants NLAC et DYSL pour répondre. Quant aux enfants NLAC, ils sont plus rapides que les enfants DYSL. À l'aide de cette tâche, nous parachevons la mise en évidence d'une différence dans les capacités de traitement, étroitement dépendantes des expériences avec l'écrit, de la maîtrise des règles CGP et de l'habileté motrice. Comme dans l'expérience précédente, les enfants DYSL se retrouvent dans un compromis *précision-vitesse*. En effet, les enfants NLAL commettent un plus grand nombre d'erreurs que les enfants NLAC et DYSL. En revanche, les enfants DYSL ne se différencient pas des enfants NLAC. Nous proposons dès lors la même explication que dans la discussion précédente. Les enfants DYSL auraient besoin d'un laps de temps supplémentaire pour réaliser leurs analyses – causé par des automatismes moins bien développés – mais bénéficieraient d'une plus grande marge de confiance dans leurs réponses, c'est pourquoi en termes de vitesse, les enfants DYSL ont une position intermédiaire entre les deux groupes d'enfants normo-lecteurs et en termes de précision, peuvent être aussi efficaces que les enfants les plus âgés.

Ensuite, nous commençons à dessiner avec plus de détails l'une de nos hypothèses renvoyant à de meilleures performances dans la condition 'compatibilité syllabe-couleur' par rapport à la condition 'incompatibilité syllabe-couleur'. Globalement, tous groupes confondus, les temps de réponse et le nombre d'erreurs sont plus faibles en condition 'compatibilité' qu'en condition 'incompatibilité'. En bref, les enfants commettent plus de conjonctions illusoire de préservation que de violation de la frontière syllabique. Ce résultat nous oriente sur la voie d'une segmentation et d'un regroupement des lettres en frontière syllabique, dans les pseudomots, qui s'appuieraient bien sur la syllabe. Cependant, cette hypothèse n'a été postulée que pour les enfants normo-lecteurs. Il s'avère donc nécessaire d'investiguer cet éventuel effet pour chaque groupe pris indépendamment.

De plus, indistinctement de la population d'enfants, l'assignation de la couleur à la lettre-cible est plus brièvement exécutée lorsqu'elle occupe la position d'attaque plutôt que la position de coda dans les pseudomots. *A priori*, nous ne disposons d'aucune hypothèse pour cet effet. Toutefois, force est de constater que ce résultat est semblable à celui mis en évidence chez les

adultes avec ce même paradigme. Même chez les enfants, normo-lecteurs ou non, cette observation validerait l'hypothèse de Content et al. (2001a) selon laquelle l'attaque syllabique serait un point d'alignement pour la recherche lexicale. Comme nous l'avons suggéré, il faut être prudent avec cette interprétation puisque nous manipulons des pseudomots pour lesquels il n'existe aucune entrée lexicale. Nous proposons ici une nouvelle interprétation. En français, généralement, c'est la seconde syllabe qui porte l'accentuation. La régularité de cette accentuation pourrait devenir un facteur pertinent de segmentation, même dans des pseudomots qui possèdent toutes les caractéristiques de véritables mots, sauf leur statut lexical. La segmentation syllabique ne serait alors plus déclenchée par la coda de la première syllabe mais par l'attaque de la seconde syllabe. Enfin, l'analyse globale de la tâche met en relief une interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque. Nous abordons à nouveau partiellement l'une de nos hypothèses : des temps de réponse plus courts lorsque le profil de sonorité à la frontière syllabique respecte les contraintes phonotactiques de la langue. Toutefois, cette hypothèse n'a été proposée que dans le cas de la condition 'compatibilité' et uniquement chez les enfants normo-lecteurs. Là encore, l'utilité d'analyser les données pour chaque groupe d'enfants et pour chaque condition expérimentale est indiscutable afin de statuer sur l'origine de ce pattern

Pour les enfants DYSL, la comparaison des deux conditions expérimentales invalide d'emblée l'une de nos hypothèses : la couleur de la lettre-cible est plus rapidement assignée dans le cas d'un recouvrement compatible entre la syllabe et la couleur que dans le cas d'une incompatibilité. Notre hypothèse soutenait la présence d'un déficit phonologique empêchant totalement ou partiellement l'utilisation d'une procédure phonologique *a fortiori* basée sur la syllabe. Cependant, la sensibilité à une segmentation syllabique ne paraît plus surprenante lorsqu'elle est ramenée aux données issues des deux précédentes expériences dans lesquelles nous avons systématiquement mis en évidence le recours à des unités syllabiques. L'interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque nous fournit un renseignement supplémentaire qui va à l'encontre de l'une de nos autres hypothèses sur les enfants DYSL : la sonorité à la frontière syllabique est primordiale pour déterminer la couleur de la lettre-cible, indifféremment de la compatibilité 'syllabe-couleur', en faveur du profil idéal 'coda sonore – attaque obstruente'. Ce résultat nous donne deux indications capitales : – les enfants DYSL sont sensibles à des indices acoustico-phonétiques et phonotactiques pour segmenter syllabiquement des pseudomots ; – la sonorité à la frontière syllabique prime sur l'information perceptive visuelle.

En nous intéressant à chacune des conditions expérimentales, aucun effet significatif n'est apparu dans la condition 'incompatibilité', ni sur les temps de réponse, ni sur le nombre d'erreurs. En revanche, dans la condition 'compatibilité', l'interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l'attaque est significative. Un avantage en termes de temps de réponse est mis en

exergue pour le profil de sonorité ‘coda sonore – attaque obstruente’. L’influence de ce profil auprès d’une population d’enfants souffrant de troubles de la lecture est une fois encore inattendue. Nous n’avions pas émis d’hypothèse sur le rôle de la sonorité. Au contraire, nous défendions l’absence d’une quelconque intervention de la sonorité comme facteur pouvant moduler le recours à une segmentation syllabique. Cependant, comme dans les deux expériences précédentes, ce profil inter-syllabique prototypique est impliqué de manière incontestable dans les traitements appliqués par les enfants DYSL. A la lumière de cette nouvelle preuve, il devient de plus en plus difficile de soutenir l’absence de traitements phonologiques basés sur la syllabe et l’insensibilité aux caractéristiques linguistiques du Français chez les enfants DYSL.

Les enfants NLAC présentent les mêmes patterns de réponse que les adultes. Conformément à nos hypothèses, ces enfants répondent plus rapidement dans la condition ‘compatibilité’ que dans la condition ‘incompatibilité’. Ils sont moins perturbés quand la couleur des segments n’interfère pas avec la segmentation syllabique naturelle, ce qui suggère que ces enfants se sont appuyés sur un découpage syllabique pour détecter et identifier la couleur de la lettre-cible. Ce résultat est consistant avec toutes les preuves empiriques mises en évidence au travers de nos autres expériences.

De manière comparable aux adultes, les codas sonores sont détectées plus brièvement que les codas obstruents, les attaques obstruents sont, pour leur part, traitées plus rapidement que les attaques sonores et enfin, les lettres-cibles se situant en position d’attaque sont identifiées plus vite que les lettres-cibles représentant une coda. Cet ensemble de résultats est en accord avec une partie des données statistiques du français : une plus grande proportion de codas en français sont sonores tandis qu’une plus grande part des attaques sont souvent de faible sonorité (e.g., Content et al., 1990 ; Wioland, 1985). Cela renforce directement les observations que nous faisons : plus une structure est fréquente et occurrente dans une langue, plus elle a de chances d’être identifiée convenablement et rapidement. L’explication relative à la prédominance des identifications des attaques sur les codas retient la même argumentation que celle développée ci-dessus : l’attaque jouerait un rôle principal non négligeable dans la segmentation en syllabes en ce sens que la seconde syllabe attire l’accentuation en français, bien que normalement non pertinente, fournissant ainsi un indice potentiel pour la détection d’une nouvelle syllabe.

Alors que la condition ‘incompatibilité’ ne procure aucun élément nouveau sur les comportements des enfants NLAC (i.e., aucun résultat significatif), la condition ‘compatibilité’ confirme les données obtenues lors de la comparaison des deux conditions expérimentales, c’est-à-dire des temps de réponse plus courts pour traiter les codas sonores, les attaques obstruents et pour détecter les lettres-cibles en position d’attaque. L’interaction entre la sonorité de la coda et la sonorité de l’attaque révèle qu’en situation de compatibilité entre la couleur et la syllabification

naturelle, les enfants NLAC sont plus performants pour détecter la lettre-cible dans le fameux profil de sonorité optimal ‘coda sonore – attaque obstruente’. S’il est maintenant clair que les arguments abondent dans la direction d’une utilisation d’un traitement phonologique grapho-syllabique pour traiter les pseudomots, il est aussi évident que celui-ci est *conditionné* ou, en tout cas, influencé sans commune mesure par les propriétés acoustico-phonétiques et le respect des règles phonotactiques au sein des clusters intervocaliques.

Enfin, les données recueillies auprès des enfants NLAL ne confirment aucune de nos prédictions. Chaque condition expérimentale considérée individuellement, aucun résultat n’est mis en évidence que ce soit avec la vitesse ou la précision des réponses. La seule information dégagée des analyses concerne une interaction entre le type de recouvrement et le type de détection concernant le nombre d’erreurs. Cet effet inattendu témoigne d’une plus grande facilité pour détecter les attaques par rapport aux codas en condition ‘compatibilité’, une plus grande précision pour traiter les codas par rapport aux attaques dans la condition ‘incompatibilité’ et enfin, pour traiter les attaques dans la condition ‘compatible’ par rapport à la condition ‘incompatible’. La détection d’une lettre-cible en position d’attaque semble monopoliser les traitements des enfants NLAL. L’importance de l’attaque est essentielle lorsque la couleur se calque parfaitement à la syllabification du pseudomot. Plus précisément, le rôle de l’attaque, même chez de jeunes enfants, occuperait à première vue une place primordiale en situation naturelle (i.e., par opposition à la situation non naturelle où la couleur et la syllabification ne sont pas compatibles). Cela se retrouve sur la différence existante entre la détection des attaques par rapport à la détection des codas dans la condition ‘compatibilité’. *A contrario*, l’importance des codas surpasse celle des attaques dans la condition ‘incompatibilité’.

En analogie avec les résultats obtenus auprès des autres populations d’enfants NLAL, il nous est possible de proposer que lorsqu’il y a un effet d’interférence entre l’assignation de la couleur et la syllabification naturelle, les plus jeunes enfants effectueraient un traitement sériel phonème par phonème. Le parasitage serait si gênant que les enfants NLAL ne pourraient pas se baser sur des unités syllabiques et devraient *se contenter* d’accéder à des représentations phonémiques traitées une à une. En résumé, les enfants NLAL seraient capables de recourir aux syllabes lorsque toutes les conditions sont réunies tandis que l’intervention d’une interférence perceptive aurait comme conséquence la nécessité de traiter plus séquentiellement les informations visuelles. Il s’agirait d’une faiblesse du système des représentations des enfants NLAL, encore trop peu expérimentés avec l’écrit et largement dépendants de certaines caractéristiques visuelles des mots et/ou pseudomots.

DISCUSSION GÉNÉRALE

1. Introduction

Ce travail avait pour objectif principal d'étudier le traitement syllabique et le rôle des caractéristiques linguistiques en français dans une perspective développementale (au CP, CE₂ et CM₂), chez des adultes normo-lecteurs et chez des enfants dyslexiques développementaux comparés à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques.

Plusieurs questions animaient notre démarche. Nous avons donc réalisé deux grandes parties expérimentales. Dans un premier temps, nous avons cherché à savoir si la syllabe était une unité phonologique prélexicale fonctionnelle de lecture en français, rapidement disponible chez les apprentis-lecteurs et durablement utilisée chez les adultes lecteurs habiles. Plus particulièrement, nous avons proposé de tester auprès d'enfants de CP, CE₂ et CM₂ l'importance des fréquences lexicales et syllabiques à l'aide de bases de données adaptées aux périodes de l'apprentissage de la lecture (i.e., Manulex, Lété et al., 2004 ; Manulex-infra, Peereman et al., 2007). Dans un second temps, nous avons tenté de déterminer l'état des représentations phonémiques et phonologiques chez des enfants dyslexiques développementaux. Nous avons entrepris de comparer systématiquement les enfants dyslexiques à des enfants normo-lecteurs de mêmes âges chronologiques et lexiques afin d'affiner nos connaissances sur la nature des troubles phonologiques et leurs répercussions sur le recours éventuel à l'unité syllabique. Enfin, communément à toutes nos expériences, nous avons étudié le rôle des caractéristiques phonotactiques et/ou acoustico-phonétiques (e.g., profils de sonorité à la frontière syllabique, complexité syllabique...) dans le but de préciser leurs influences sur l'utilisation de la syllabe.

2. Pendant l'apprentissage de la lecture, la syllabe ?

Notre première étude menée auprès d'enfants de CP, CE₂ et CM₂ (Chapitre 8) permet de valider une trajectoire développementale proposée par Seymour (1997) et à renforcer l'implication de la syllabe pendant l'apprentissage de la lecture en précisant quels facteurs pouvaient moduler son utilisation. Nous avons montré qu'il existe une progression dans le type de traitements, dans la sensibilité aux facteurs linguistiques ainsi que dans la vitesse de réponse du CP au CM₂. Dans un premier temps, nous avons constaté que plus l'expérience avec l'écrit augmente, plus les temps de traitements diminuent significativement entre les trois groupes d'enfants, ce qui est consécutif à l'automatisation des procédures de lecture. Dans un second temps, nous avons vu que ce n'est qu'à partir du CE₂ puis au CM₂, qu'il existe une différence de traitement pour les syllabes fréquentes et les mots fréquents, respectivement traités plus brièvement que les syllabes peu fréquentes et les mots peu fréquents. L'absence de ces effets au CP s'explique par le manque d'expérience avec l'écrit, un faible niveau d'automatisation et la

pauvreté du lexique orthographique qui permet normalement un accès direct pour les items fréquents.

Nous avons mis en évidence un effet de compatibilité syllabique reflétant le recours à un traitement phonologique grapho-syllabique chez les trois populations d'enfants. Cependant, celui-ci est conditionné par la fréquence syllabique : au CP et au CE₂, l'effet de compatibilité syllabique n'est observé que lorsque la syllabe initiale a une haute fréquence. En revanche, en présence d'une syllabe initiale de basse fréquence, un effet de longueur de cible est relevé, témoignage d'un traitement phonologique grapho-phonémique sériel basé sur les règles CGP. Néanmoins, l'effet de compatibilité syllabique au CM₂ est présent pour traiter les syllabes fréquentes mais aussi peu fréquentes, avec un effet amplifié pour traiter les cibles CVC à l'initiale de mots CVC avec les syllabes fréquentes.

Il est possible d'interpréter l'effet des cibles CVC comme le reflet de la mise en place d'une stratégie suggérant un traitement par recouvrement orthographique. Une cible CV comme 'ma' peut constituer aussi bien le début d'un mot de structure initiale CV comme 'malade' que d'un mot de structure initiale CVC comme 'malgré'. De ce fait, les enfants de CM₂ privilégieraient la maximisation d'informations véhiculée par les cibles CVC : une cible CVC fournirait plus de renseignements que les cibles CV. Que les cibles CV engendrent des temps de réponse plus longs pourrait aussi provenir d'une ambiguïté dans la prise de décision. En effet, comme l'avaient suggéré Spinelli et Radeau (2004) en modalité auditive chez l'adulte, les cibles CV laisseraient l'opportunité de placer une consonne postvocalique supplémentaire contrairement aux cibles CVC qui permettraient de lever toute ambiguïté plus rapidement, notamment grâce à la coarticulation présente sur la voyelle précédente qui fournirait une plus grande similarité acoustique avec les mots CVC qu'avec les mots CV. Cette analogie avec des sensibilités propres au langage oral n'est pas inconcevable dans la mesure où les constituants d'une syllabe – voyelle et consonne(s) – ne peuvent se définir que via des propriétés acoustico-phonétiques qui sont à la base de l'apprentissage des CGP.

Ainsi, le traitement des cibles CVC peut ouvrir sur une autre perspective interprétative. Les enfants de CM₂ pourraient maintenant se servir d'indices sub-phonémiques véhiculés par la coda d'une structure CVC. Il s'agirait d'une certaine forme de prise de conscience des liens subtils liant les informations orales et écrites. Comme cela a été présenté dans le cadre théorique (cf. Chapitre 1, Partie 2.1.3.), le profil optimal au sein d'un cluster intervocalique dépend du profil de sonorité à la frontière syllabique (Clements, 1990) : la cohésion entre deux syllabes est plus élevée lorsque la coda d'une syllabe est plus haute en sonorité que l'attaque de la syllabe suivante. Or, tous nos items lexicaux présentent un tel pattern de sonorité à la frontière syllabique. Il faudrait alors considérer que les enfants de CM₂ développeraient une sensibilité à l'organisation

interne des structures syllabiques sur la base d'indices acoustico-phonétiques, déjà nécessaires à l'identification et la discrimination des phonèmes entre eux pour le recours aux CGP. Cette interprétation pourrait également être corrélée aux données statistiques dont nous disposons sur la régularité et la redondance des structures CVC : les consonnes postvocaliques sonores (e.g., /l/, /r/...) sont généralement plus fréquentes que les consonnes postvocaliques sourdes (e.g., /t/, /p/, /k/...) (en français, 76.4% des mots dont la structure est CVC.CVC inclut une coda sonore à la fin de la première syllabe ; Content et al., 1990).

L'élément important que nous avons pu dégager de nos résultats concerne la précocité avec laquelle la syllabe devient une unité fonctionnelle de la lecture. Cependant, contrairement à ce que Goswami (1986) défend, les unités larges ne semblent pas être les premières disponibles pour lire, tout du moins en français. Nos données s'accordent plus aisément avec la conception de Seymour et al. (1997) plaçant les phonèmes – et donc l'apprentissage des règles CGP – en point d'ancrage des premières unités à maîtriser pour accéder à des unités plus larges comme la rime en anglais et très certainement la syllabe en français (Colé et al., 1999). Le fait le plus marquant est la constance avec laquelle la fréquence syllabique module le traitement phonologique. La fréquence lexicale n'agit pas principalement sur les stratégies de lecture ou si cela est le cas, ce n'est que de manière secondaire et plus *discrète* que la fréquence syllabique. Plutôt que de calquer les modifications développementales sur la fréquence des mots, nous préférons expliquer que l'utilisation d'une procédure phonologique grapho-phonémique ou grapho-syllabique serait dépendante en premier lieu de la fréquence de la syllabe initiale. De ce fait, nous pouvons rectifier la proposition faite initialement. Dans un premier temps, les enfants en début d'apprentissage utiliseraient systématiquement une procédure grapho-phonémique, quelle que soit la fréquence syllabique puisque les syllabes ne seraient pas encore accessibles et structurées selon leur fréquence. Sous l'effet de l'enseignement des CGP, les habiletés de lecture progresseraient dans le sens d'une procédure grapho-syllabique applicable pour les syllabes fréquentes tandis que la procédure grapho-phonémique perdurerait avec les syllabes peu fréquentes qui nécessitent encore une décomposition séquentielle. C'est à ce moment précis qu'émergeraient les effets de fréquence syllabique identifiés à partir du CE₂. Enfin, la procédure grapho-syllabique s'installerait aussi bien pour traiter les syllabes fréquentes que peu fréquentes, ce qui est observé au CM₂, avant qu'une procédure visuo-orthographique prenne le relais pour les cibles fréquentes pendant que la procédure grapho-syllabique se maintiendrait pour les cibles peu fréquentes. Cette dernière étape serait l'aboutissement de l'apprentissage de la lecture par la mise en place des deux voies de lecture experte prônée par les modèles type DRC (Coltheart et al., 2001).

Enfin, nos résultats peuvent être commentés dans le cadre du modèle d'activation interactive bimodale de Colé et al. (1999). Ce modèle explique que l'exposition au langage écrit

permet l'association de séquences de lettres à une signification qui mène à l'élaboration d'un premier lexique orthographique. C'est par la répétition des expériences avec l'écrit que vont se stabiliser les représentations stockées dans ce lexique orthographique et expliquer l'effet de fréquence lexicale. Préalablement, l'exposition au langage oral favorise l'extraction de régularités basées sur un gabarit syllabique, pertinent en français, qui contribue à l'élaboration d'un premier lexique phonologique. À terme, les lexiques orthographique et phonologique doivent être directement interconnectés. Cependant, pour que les deux lexiques soient directement reliés, l'enfant doit préalablement et progressivement mettre en place des connexions entre les unités orthographiques et les unités phonologiques grâce à l'apprentissage explicite des règles CGP et à l'exposition à l'écrit. Parallèlement, les connaissances orales implicites préexistantes vont permettre, au fur et à mesure des apprentissages, de développer l'interface entre unités écrites et orales vers des unités de plus en plus larges (i.e., entre des lettres ou des graphèmes et des syllabes). Grâce à la maîtrise progressive des règles CGP et aux connaissances orales sur les syllabes, les traitements vont pouvoir systématiser les associations entre unités écrites et unités orales plus larges. Les syllabes écrites vont alors se structurer en fonction des redondances syllabiques orales. Nous postulons que plus les enfants auront été confrontés à certaines structures syllabiques orales, plus rapidement et efficacement les structures syllabiques écrites équivalentes seront disponibles. Plus particulièrement, l'effet de fréquence syllabique observé émergerait grâce à un effet facilitateur des associations entre les unités écrites et les unités orales plus larges fréquemment rencontrées.

3. Traits linguistiques et syllabe chez l'adulte

Au travers de nos deux expériences conduites avec des adultes lecteurs experts (i.e., cf. Chapitre 9), nous sommes parvenus à mettre en évidence des similitudes dans deux tâches qui faisaient pourtant entrer en jeu des processus partiellement différents. En effet, nous avons constamment observé un effet incontournable de la sonorité aussi bien de la coda que de l'attaque. Une coda sonore (e.g., /l/) est mieux traitée qu'une coda obstruente (e.g., /t/) et une attaque obstruente est toujours mieux perçue qu'une attaque sonore. Ces résultats sont conformes avec les données linguistiques et statistiques du français qui comptabilisent une proportion plus élevée de consonnes sonores en position de coda et de consonnes obstruents en position d'attaque (e.g., Blevins, 1995 ; Content et al., 1990).

Ensuite, nous avons constamment mis en évidence un meilleur traitement du profil de sonorité optimal à la frontière syllabique, à savoir le profil 'coda sonore-attaque obstruente' (e.g., 'TOLLPUDE'). Cette observation, commune aux deux tâches, expose clairement l'importance du respect d'une sonorité plus élevée en fin de première syllabe par rapport à une chute de la sonorité

en début de seconde syllabe (e.g., Murray & Vennemann, 1983). Cette rupture dans la chaîne sonore serait envisagée comme un indice acoustico-phonétique fiable pour déclencher la segmentation. À l’instar de ce que Rapp (1992) ou Carreiras et al. (1993) avaient démontré, nous avons apporté des arguments supplémentaires pour conforter le fait que la chute de fréquence à la frontière syllabique ne peut être tenue comme principal indice de segmentation à la frontière syllabique. Cela correspond aux profils ‘coda sonore-attaque sonore’ (e.g., les segments ‘RL’ (159) et ‘LR’ (0)) et ‘coda sonore-attaque obstruente’ (e.g., les segments ‘TL’ (38) et ‘DL’ (12)). Nous pouvons également rajouter que cela ne semble pas non plus dépendre de la présence de segments très fréquents à la frontière syllabique (e.g., les segments ‘CT’ (2723) ou ‘PT’ (1027)) puisqu’ils correspondent à un profil de sonorité (i.e., ‘coda obstruente-attaque obstruente’) qui n’est pas optimal. De plus, tous ces profils ne sont pas plus efficacement détectés dans nos expériences que le profil qualifié d’optimal par les linguistes et qui comporte pourtant des segments intervocaliques de fréquence moyenne (i.e., ‘LP’ (254) et ‘LD’ (118)). Nous pouvons donc conclure que si la fréquence influence d’une quelconque manière le mécanisme de segmentation, cela ne serait être que secondaire au profil de sonorité. D’ailleurs, le respect du profil de sonorité optimal semble résister aux effets d’interférence visuo-perceptive induits par les conjonctions illusoires ce qui place sans conteste la sonorité d’un cluster consonantique à la frontière syllabique comme un élément central du déclenchement de la syllabification.

Par ailleurs, nous avons démontré que l’attaque syllabique possède un poids plus important que la coda. La suppression de l’attaque pénalise les temps de traitements des adultes par rapport à la suppression d’une coda. À l’inverse, la présentation d’une attaque améliore significativement les temps de réponse comparativement à la présentation d’une coda, qu’il y ait ou non un phénomène de parasitage visuel comme avec les conjonctions illusoires. Si nous superposons ces deux constats, nous rejoignons l’une des conclusions tirées par Content et al. (2001a) selon laquelle le début d’une syllabe serait plus important dans la mesure où elle représenterait un point d’accès lexical. Nous ne pouvons que modérément adhérer à cette conclusion dans la mesure où nous n’avons utilisé que des pseudomots.

La prévalence de l’attaque sur la coda n’exclut pas l’implication d’un traitement phonologique grapho-syllabique chez l’adulte. Bien que nous défendions une meilleure détection de la suppression de l’attaque qui induit une resyllabification (e.g., ‘TOLPUDE’ devient ‘TOLUDE’), c’est la déletion de la coda (e.g., ‘TOLPUDE’ devient ‘TOPUDE) qui préserve la syllabification qui a été la mieux détectée. Pourtant, nous maintenons que la syllabe est une unité fonctionnelle en lecture. D’une part, la déletion d’une coda réduit la structure syllabique initiale à une structure universelle et optimale de type CV (e.g., Clements, 1990 ; Clements & Keyser, 1983). D’autre part, le fait que la suppression d’une coda sonore soit moins pénalisante qu’une

coda obstruente provient très probablement d'un meilleur encodage d'une syllabe CVC dont la coda est sonore (e.g., 'TOL') car elle respecte un degré de cohésion plus élevé du fait de la proximité de sonorité d'une voyelle et d'une consonne sonore (cf. Selkirk, 1984). Ainsi, nous avons vu que la disparition d'une coda sonore n'affecte pas les traitements, uniquement lorsqu'elle était suivie d'une consonne obstruente – alors en position d'attaque de seconde syllabe – ce qui permettait de conserver l'optimalité du contact entre les deux syllabes. Enfin, l'amélioration des traitements consécutivement à la délétion d'une coda nous permet de faire référence aux travaux de Dumay et al. (2002a ; b) qui ont montré en perception de parole que l'alignement des frontières syllabiques était un facteur important des temps de détection et d'accès au lexique. Dans nos données, nous sommes dans le même contexte : la suppression d'une coda conserve l'alignement des frontières syllabiques compatibles pour la deuxième syllabe avec le début potentiel d'un mot (e.g., 'TO.PUDE') tandis que la suppression de l'attaque rompt l'alignement potentiel (e.g., 'TOL.UDE'). L'attaque syllabique serait ainsi, même dans des traitements visuels comme la lecture, plus important que la coda syllabique. Cette conclusion nous permet de rejeter la nature séquentielle lettre-à-lettre proposée par le modèle DRC (Coltheart et al., 2001) pour traiter les pseudomots que nous aurions pu défendre. En effet, la délétion d'une coda intervient plus précocement que celle d'une attaque dans le traitement sériel proposé par Coltheart et al. (2001) (voir aussi Rastle & Coltheart, 1999). Nous préférons toutefois argumenter en faveur d'un traitement plus parallèle recherchant une syllabe pouvant constituer un début potentiel de mot tant les faits expérimentaux insistent sur le rôle de l'attaque (i.e., meilleure détection que la coda, suppression plus pénalisante que celle de la coda).

Nos données peuvent enfin être brièvement commentées dans le cadre des modèles connexionnistes de la lecture experte. Comme nous l'avons vu dans le cadre théorique, peu de modèles incorporent un niveau de représentations syllabiques et la plupart de ces modèles sont dédiés aux traitements de l'anglais pour laquelle la rime semble être plus pertinente notamment pour traiter la majeure partie des mots qui sont monosyllabiques. Néanmoins, l'apport constitué par une démonstration du rôle de la sonorité en frontière syllabique mais également de celui de la syllabe est compatible avec le modèle MTM de Ans et al. (1998) dans la mesure où celui-ci permet de traiter les pseudomots via une procédure analytique basée sur la syllabe qui s'enclenche lorsque la procédure globale échoue car elle ne parvient pas à trouver l'entrée orthographique dans le lexique. De manière semblable, le modèle CDP+ (Perry et al., 2007) pourrait expliquer nos résultats car il utilise un tampon graphémique ordonné sur le découpage syllabique. De plus, ce modèle est capable d'apprendre certaines règles phonotactiques qui seraient très certainement utiles pour simuler les effets de sonorité et de légalité phonotactique aux frontières syllabiques.

4. Traitements phonologiques et dyslexie

Dans l'évaluation du niveau des représentations phonologiques, nous avons constamment retrouvé un seuil de discrimination plus faible chez les enfants DYSL que chez les enfants NLAC. En revanche, les enfants DYSL se situent toujours à un niveau proche de celui des enfants NLAL. L'une des premières constantes que nous avons pu mettre en exergue concerne la systématique de la lenteur des réponses des enfants DYSL aussi bien en comparaison des enfants NLAC mais aussi NLAL. Toutefois, bien que les enfants DYSL commettent toujours plus d'erreurs que les deux populations d'enfants normo-lecteurs, le déficit de précision est moins stable puisqu'il arrive que les enfants DYSL ne se différencient pas des performances des enfants NLAL. Nous pouvons toutefois conclure à la présence fréquente d'un *double déficit précision-vitesse* dans les réponses des enfants DYSL.

Comme les enfants NLAL et NLAC, les enfants DYSL présentent des sensibilités à certains facteurs linguistiques. En effet, tous les enfants traitent de manière préférentielle les sons occlusifs plutôt que les sons fricatifs. Cette donnée est conforme aux données développementales qui suggèrent que les consonnes occlusives font partie de l'inventaire des premières consonnes maîtrisées (e.g., Rondal, 1997). Le fait que les enfants DYSL soient également sensibles à cette composante indique qu'ils ont pu mettre en place des aptitudes qui suivent une trajectoire développementale en partie normale. Cependant, ils n'éprouvent qu'une sensibilité différenciée limitée entre les structures syllabiques et lorsque cela est le cas, ce n'est pas dans le sens d'un meilleur traitement des structures syllabiques simples et optimales contrairement aux enfants NLAL et NLAC. Mais d'ores et déjà, nous observons que les enfants DYSL ont pu structurer des connaissances orthographiques. En effet, comme les enfants normo-lecteurs, les enfants DYSL ont des traitements plus précis lorsque les items sont fréquents plutôt que peu fréquents. Nous avons proposé que les enfants DYSL ne disposent que d'un lexique orthographique moins compétitif et moins riche que celui d'enfants normo-lecteurs puisque sa construction dépend du développement d'habiletés phonologiques jusqu'alors déficitaires. Il se pourrait que ces enfants aient compensé certaines de leurs faiblesses dans les compétences phonologiques par des capacités accrues nées des contacts répétés avec l'écrit pour mettre en place un système de reconnaissance des régularités orthographiques des mots fréquemment rencontrés.

Le trait phonétique de voisement apparaît comme problématique de manière conséquente pour les enfants DYSL. Les enfants NLAL ne manifestent aucune différence pour traiter des paires de sons quelle que soit la variation appliquée au phonème initial. Les enfants NLAC commettent certes plus d'erreurs pour discriminer le voisement que le lieu articulaire par exemple mais sont plus précis, globalement, que les enfants DYSL. Les enfants DYSL montrent une nouvelle fois que leur représentation du voisement est plus dégradée que la normale et qui

pourrait éventuellement sous-tendre d'autres difficultés phonologiques mises en jeu par l'apprentissage des règles CGP.

En nous penchant plus particulièrement sur le rôle de la syllabe et des caractéristiques linguistiques en lecture silencieuse, nos trois autres tâches ont mis en évidence un phénomène indiscutable, partiellement différent de celui remarqué dans les deux tâches d'évaluation des représentations phonologiques : les enfants DYSL se situent à un niveau intermédiaire entre les enfants NLAC et NLAL dans la vitesse de leurs réponses. Si l'on s'intéresse au nombre d'erreurs, force est de constater que si les enfants DYSL en commettent davantage par rapport aux enfants NLAC, leur nombre est équivalent – au moins statistiquement – à celui des enfants NLAL.

Dans la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots, nous avons observé des patterns de réponse identiques à ceux d'enfants de CP et d'enfants NLAL : non seulement les enfants DYSL sont influencés par la fréquence syllabique dans l'utilisation de procédures de lecture différenciées, mais également dans la manifestation comportementale de ces procédures de lecture. En d'autres termes, lorsque les enfants DYSL doivent traiter des syllabes fréquentes, ils appliquent un traitement phonologique grapho-syllabique alors que pour traiter des syllabes peu fréquentes, ils s'appuient sur un traitement phonologique grapho-phonémique. De plus, contrairement aux enfants plus jeunes mais de manière semblable aux enfants NLAC, ils présentent une sensibilité aux fréquences syllabiques et lexicales. Parallèlement, les enfants NLAL et NLAC présentent les mêmes patterns que les enfants de CP et CM2. Cela n'est pas vraiment surprenant compte tenu que les enfants NLAL sont issus du groupe d'enfants de CP. Pour les enfants NLAC, bien que les patterns soient semblables à ceux d'enfants de CM2, l'effet de cibles CVC n'émergent pas. Une explication potentielle réside dans le nombre moins important de sujets. Il est aussi possible d'envisager que les propriétés acoustico-phonétiques de la coda d'une structure CVC n'est pas une propriété indispensable à tous les enfants en fin d'apprentissage de la lecture. Si nos résultats renforcent le rôle précoce et résistant de la syllabe et de la fréquence syllabique en lecture, nous montrons que les dyslexiques accèdent à des traitements phonologiques et peuvent recourir à un processus de recodage phonologique proche de celui développé par les enfants normo-lecteurs, c'est-à-dire à une procédure de recodage phonologique faisant appel à la syllabe.

Nous avons pu observer à l'aide de la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots et d'identification perceptive que les enfants DYSL s'avèrent sensibles au profil optimal de sonorité en frontière syllabique, notamment lorsque les traitements portent sur des similitudes entre une forme visuelle encodée en mémoire et celle représentée subséquentment. Ainsi, les enfants DYSL sont sensibles dans la condition 'identique' de la tâche de reconnaissance

bimodale audio-visuelle de pseudomots et dans la condition ‘compatibilité’ du paradigme des conjonctions illusoires au profil optimal de sonorité. Comme nous l’avons constaté, les performances des enfants DYSL ne sont dépendantes que de leurs temps de réponse et non du nombre d’erreurs. Il semble que les enfants DYSL soient capables d’encoder et de récupérer les représentations phonologiques en mémoire, surtout celles qui respectent les règles de formation idéales dans leur langue. Toutefois, ce n’est que les temps d’accès et de récupération qui pénaliseraient ces enfants, tout du moins lorsqu’il n’y a pas d’incongruence entre les formes encodées et celles représentées. En revanche, nous voyons bien que même dans une tâche extrêmement contraignante visuellement et attentionnellement (i.e., paradigme des conjonctions illusoires), les enfants parviennent à réaliser la tâche. Deux explications potentielles peuvent concourir. Les enfants testés ici ne présentent ni déficits visuels, ni déficits attentionnels, ce qui serait concordant avec les données de la littérature qui signalent une faible proportion d’enfants souffrant de tels déficits (Ramus, 2003). D’autre part, les déficits ne seraient peut-être pas dépendants de la pression temporelle et attentionnelle induite par la tâche comme l’ont suggéré Ramus et Szenkovits (2008) mais dépendraient des déficits des procédures et des automatismes de récupération.

Dans les populations d’enfants normo-lecteurs, nous trouvons des résultats contrastés. Chez les enfants NLAC, les patterns de résultats s’apparentent à ceux obtenus avec les adultes normo-lecteurs. Les enfants NLAC sont sensibles au contact syllabique optimal dans les deux expériences et détectent plus rapidement une attaque qu’une coda. De même, la délétion d’une coda est moins pénalisante que celle de l’attaque, ce qui renforce à nouveau d’une part l’importance de la sonorité en frontière syllabique et d’autre part le statut de l’attaque syllabique, comme ce que nous avons suggéré précédemment avec les adultes. Cependant, les enfants NLAL ne manifestent aucun comportement assimilable à des sensibilités particulières aux règles linguistiques qui régissent la formation des mots et comparable à ceux observables auprès des enfants DYSL, NLAC ou même des adultes. Ce dernier résultat est très révélateur. Il stipule que les jeunes enfants en début d’apprentissage de la lecture ne sont pas encore suffisamment familiarisés avec des régularités structurales de leur langue. Cela témoigne bien que c’est sous l’impulsion de l’apprentissage de la lecture que les enfants développeraient les habiletés nécessaires pour traiter plus efficacement les caractéristiques de leur langue. Cette interprétation est étayée par les patterns de résultats mis en relief avec les enfants DYSL qui eux sont sensibles à ces caractéristiques linguistiques. Cela découle très probablement de la plus longue expérience avec l’écrit qui leur a permis de structurer des connaissances plus fines même si elles demeurent apparemment plus difficiles d’accès que pour les enfants NLAC qui ont bénéficié d’une aussi longue expérience de l’écrit qu’eux.

En conclusion, nous pouvons proposer une analyse unifiée de nos résultats. La constance des troubles dans la vitesse de réponse des enfants DYSL par rapport aux autres groupes d'enfants normo-lecteurs seraient le reflet de difficultés à accéder aux procédures de traitement qui se seraient pourtant développées. Dans cette perspective là, et en référence à leurs patterns comportementaux fréquemment identiques à ceux des enfants NLAL et NLAC, nous pouvons nuancer la notion de *représentations sous-spécifiées* pour rejoindre la proposition de Ramus et Szenkovits (2008) selon laquelle les enfants DYSL auraient essentiellement des troubles d'accès aux représentations phonologiques. Toutefois, l'importance du nombre d'erreurs des enfants DYSL n'est pas à ignorer. Si la vitesse peut rendre compte de troubles d'accès aux représentations phonologiques et des défauts de mise en place et d'automatisation des procédures de traitement de l'écrit, le nombre d'erreurs pourrait caractériser une altération de certaines représentations phonologiques, notamment celles qui font appel à des capacités de discrimination très fines comme la discrimination du trait phonétique de voisement. Paradoxalement, les enfants DYSL sont sensibles au profil de sonorité optimal en frontières syllabiques qui requiert une capacité de discrimination acoustico-phonétique assez fine. Cependant, ils ne se comportent pas différemment lorsqu'une consonne est supprimée à la frontière syllabique. Cela nous engage à proposer que les enfants DYSL feraient plutôt appel à des connaissances – implicites – emmagasinées avec les expositions à l'écrit sur l'organisation internes des mots plutôt qu'à des capacités d'analyse sub-phonémique. Enfin, les données comportementales des enfants DYSL au travers des différentes tâches nous ont prouvés qu'ils ne sont pas systématiquement moins performants que les enfants NLAL. Au contraire, ils présentent à certaines reprises des comportements proches des enfants NLAL voire même proches des enfants NLAC. Ils sont notamment capables d'utiliser la médiation phonologique et d'accéder à des représentations phonologiques basées sur des unités syllabiques dont l'accès pourrait être amélioré par les connaissances sur l'organisation interne des mots et la fréquence syllabique. Cela nous amène à considérer les troubles des enfants DYSL comme consécutifs à un retard développemental plutôt qu'à une déviance.

5. Conclusion et perspectives

L'ensemble de notre travail a tenté de proposer une approche aussi riche et complète que possible du rôle de la syllabe et de certaines caractéristiques linguistiques du français. D'un point de vue développemental, il est apparu que la syllabe constitue une unité prélexicale en lecture silencieuse tout au long de l'apprentissage de la lecture, dont l'utilisation est dépendante de la fréquence syllabique. Par ailleurs, nous avons renforcé l'idée d'une progression allant des petites unités vers les unités larges comme la syllabe, en insistant sur l'importance de l'apprentissage des

règles CGP et des connaissances implicites sur les syllabes orales pour établir des correspondances avec les syllabes écrites. Nous avons également démontré que mêmes des enfants avec des difficultés d'apprentissage de la lecture présentant un déficit de vitesse et très souvent de précision sont capables d'utiliser des traitements phonologiques, *a fortiori* des traitements phonologiques qui reposent sur l'unité syllabique alors qu'ils présentent des déficits en analyse phonémique, à la base de la construction des unités syllabiques.

Par ailleurs, nous avons défendu l'idée d'un impact direct des caractéristiques linguistiques du français dans l'utilisation de la syllabe comme la fréquence syllabique, la complexité syllabique et la sonorité à la frontière syllabique. Nous insistons sur l'importance de ces différents aspects dans la mesure où ils se sont révélés impliqués avec force dans les traitements observés par des enfants en tout début d'apprentissage de la lecture, mais également par des adultes et surtout par des enfants dyslexiques. Comme nous l'avons déjà exposé, la syllabe est une unité capitale en lecture silencieuse et ce sont les caractéristiques du français qui lui fournissent son statut.

Nous avons pu voir que l'utilisation du paradigme des conjonctions illusoires a été problématique, dans nos travaux, car il n'a pas permis de réaliser les analyses habituelles, bien que nous ayons réutilisé les paramètres originels du paradigme. En effet, chez les adultes, le nombre d'erreurs trop faible n'a pas permis de mener des analyses. Chez les enfants, ce n'est qu'en considérant l'ensemble des populations d'enfants que nous avons pu observer que les conjonctions illusoires d'erreurs de préservation (i.e., attribuer la couleur de la lettre 'P' au segment 'UDE' dans 'TOLPUDE', condition 'incompatibilité syllabe-couleur') étaient supérieures aux erreurs de violation (i.e., attribuer la couleur de la lettre 'P' au segment 'TOL' dans 'TOLPUDE', condition 'compatibilité syllabe-couleur'). Ce sont les bonnes réponses et les temps de réponse sur les bonnes réponses qui n'ont pas principalement conduit à défendre la place prépondérante occupée par la syllabe et les caractéristiques linguistiques.

Dans le domaine des entraînements phonologiques informatisés (e.g., Magnan & Écalte, 2006 ; Wise, Ring & Olson, 2000), nos résultats peuvent s'avérer précieux. En effet, les travaux ayant proposé un entraînement sur les correspondances orales et écrites des phonèmes ont montré une amélioration des performances en lecture (e.g., Ehri et al., 2001). Les perspectives ouvertes par nos travaux sont autant d'arguments en faveur d'entraînements phonologiques basés sur la syllabe pour la prise en charge des déficits en lecture d'enfants dyslexiques ou en difficulté. Il serait intéressant de véritablement intégrer la syllabe comme unité centrale d'entraînements phonologiques proposés aux enfants en difficulté, comme cela ne vient que récemment d'être testé par Calmus (2007) (voir aussi Magnan, Écalte & Calmus, in press). Pourtant, la syllabe avait déjà

fait l'objet d'une proposition en tant qu'une fonctionnelle qui « *pourrait constituer une bonne base de départ à toute activité de remédiation* » (Écalle, Magnan & Bouchafa, 2002, p. 11). Des entraînements combinant le statut de la syllabe en français ainsi que le trait phonétique de voisement pourraient apporter des effets bénéfiques sur la qualité des représentations stockées en mémoire et favoriser le développement et l'automatisation des procédures de traitements phonologiques. Des exercices focalisant sur la segmentation syllabique pourraient voir leurs répercussions s'accroître s'ils prenaient en compte les profils de sonorité aux frontières syllabiques ainsi que la fréquence des syllabes. Prendre en considération ces caractéristiques serait une voie intéressante, dans un premier temps en français, pour conduire des travaux dont les entraînements pourraient être envisagés comme transposable dans d'autres langues qualifiées de « rythmées par la syllabe » (e.g., espagnol, italien...).

LEXIQUE

Acide gras polyinsaturé : élément linoléique (e.g., Oméga-6/Oméga-3), principal constituant des phospholipides de la substance grise du cerveau, indispensable pour maintenir la flexibilité des membranes cellulaires et assurer la fonction des photorécepteurs rétiniens.

Adressage (procédure, voie) : procédure de lecture permettant un appariement direct entre un mot (généralement fréquent, court ou irrégulier) et sa correspondance dans le lexique orthographique.

Aires de Brodmann (abr. AB) : organisation structurale du cortex définie par Korbinian Brodmann (neurologue allemand ; 1868-1918) selon une base cytoarchitectonique numérotée de 1 à 52.

Assemblage (procédure, voie) : procédure de lecture développée avec l'apprentissage de la lecture permettant de lire les mots peu fréquents et longs ou les pseudomots en utilisant les règles de conversion graphème-phonème (CGP).

Cooccurrence : tendance d'un événement susceptible d'en faire apparaître un autre.

Délai de voisement : intervalle de temps entre la détente de l'occlusion orale et le départ des vibrations des cordes vocales, respectivement négatif ou positif selon que le départ des vibrations des cordes vocales précède ou suit la détente.

Dysplasie : organisation anarchique des cellules dans les différentes couches.

Ectopie : amas de neurones en position aberrante à la surface du cortex.

Empan mnésique : quantité limitée de 7, plus ou moins 2, informations pouvant être stockées en mémoire à court terme durant une période n'excédant pas quelques dizaines de secondes.

Gyrus (pl. gyri) : terme médical désignant une circonvolution, c'est-à-dire un repli ou un sillon peu profond situé à la surface du cortex cérébral.

Intervalle inter-stimuli (abr. ISI, Inter Stimuli Interval) : délai entre la fin d'une première stimulation et le déclenchement de la seconde stimulation.

Matière blanche : catégorie de tissus composée de fibres nerveuses (e.g., dendrites, axones) et chargée de la transmission des informations.

Matière grise : catégorie de tissus composée de corps cellulaires (e.g., neurones, cellules gliales) et chargée des traitements des informations.

Perception catégorielle : capacité à établir une classification au sein d'un continuum de stimuli artificiellement créés tendant soit vers un stimulus de référence A (e.g., /ba/) soit vers un stimulus de référence B (e.g., /pa/) (Liberman et al., 1967). Chez le sujet normal, la discrimination intra-catégorielle est nulle, c'est-à-dire que dans la région du continuum

porche de A ou de B, le rangement des paires de stimuli est impossible alors que la discrimination inter-catégorielle est dite « catastrophique », c'est-à-dire que dans la zone d'interface à mi-chemin entre A et B, la classification bascule soudainement d'une perception de type A à une perception de type B.

Polymicrogyri : accumulation focale de neurones générant une microcirconvolution corticale.

Proprioception : capacité perceptive permettant de localiser la position du corps et d'identifier ses parties et ses mouvements dans l'espace.

Pseudomot : mot qui n'existe pas dans une langue donnée mais dont les caractéristiques orthographiques, phonologiques et phonotactiques sont plausibles (e.g., *tolpude*).

Règles de correspondance graphème-phonème : ensemble de règles de mise en lien des unités écrites (les graphèmes) avec les unités sonores correspondantes (les phonèmes), développé avec l'apprentissage explicite de la lecture.

INDEX DES PRINCIPAUX AUTEURS

Auteurs	Pages
Carreiras	28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 55, 151, 267.
Clements	9, 10, 12, 13, 14, 17, 20, 33, 72, 88, 89, 139, 161, 162, 179, 190, 193, 199, 210, 242, 245, 264, 267.
Colé	7, 32, 38, 48, 62, 67, 68, 69, 71, 73, 74, 77, 82, 83, 86, 87, 95, 98, 100, 120, 121, 127, 129, 132, 142, 149, 152, 225, 265.
Content	12, 15, 17, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 33, 36, 39, 40, 73, 75, 78, 99, 153, 154, 161, 173, 242, 258, 260, 261, 265, 266, 267.
Duncan	77, 83, 84, 86, 116, 225.
Écalle	60, 74, 75, 124, 139, 150, 176, 196, 215, 229, 273.
Ferrand	27, 28, 29, 32, 34, 35, 36, 40, 42, 47, 48, 53, 54, 55, 56, 78, 80.
Frith	60, 61, 63, 66, 71, 79, 81, 88, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 119.
Gombert	62, 65, 66, 67, 71, 74, 79, 83, 91, 179.
Goswami	5, 60, 62, 65, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 94, 100, 101, 110, 119, 120, 122, 128, 212, 265.
Grainger	27, 28, 32, 35, 36, 37, 38, 47, 48, 55, 90, 100, 207.
Magnan	32, 60, 69, 74, 75, 78, 87, 124, 127, 150, 273.
Ramus	6, 85, 102, 106, 107, 108, 109, 112, 115, 119, 120, 121, 122, 125, 126, 127, 128, 129, 227, 243, 271, 272.
Serniclaes	84, 98, 109, 112, 122, 123, 126, 128, 135, 179, 188, 189, 190, 191, 192, 243.
Seymour	60, 62, 63, 64, 68, 71, 77, 79, 81, 83, 84, 86, 94, 95, 96, 100, 132, 151, 225, 263, 265.
Sprenger-Charolles	7, 62, 73, 79, 82, 84, 87, 89, 98, 99, 100, 101, 109, 120, 121, 123, 128, 129, 132, 149, 161, 162, 189, 190, 199, 200, 208, 210, 211, 225, 227, 243.
Treiman	10, 11, 12, 17, 18, 25, 30, 33, 76, 79, 80, 82, 83, 162, 179.
Ziegler	5, 37, 43, 44, 45, 48, 54, 55, 56, 57, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 95, 98, 100, 101, 110, 119, 120, 128, 134, 207.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

A

- Adlard, A. & Hazan, V. (1998). Speech perception abilities in children with developmental dyslexia. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A, 153-177.
- Ahissar, M., Protopapas, A., Reid, M. & Merzenich, M. (2000). Auditory processing parallels reading abilities in adults. *PNAS*, 97, 6832-6837.
- Alario, F.-X., De Cara, B. & Ziegler, J. (2007). Automatic activation of phonology in silent reading is parallel: evidence from beginning and skilled readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 97, 205-219.
- Altmann, G. (1997). *The ascent of Babel: an exploration of language, mind, and understanding*. Oxford: Oxford University Press.
- Álvarez, C., Carreiras, M. & De Vega, M. (2000). Syllable-frequency effect in visual word recognition: evidence of sequential-type processing. *Psicologica*, 21, 341-374.
- Álvarez, C., Carreiras, M. & Perea, M. (2004). Are syllables phonological units in visual word recognition? *Language and Cognitive Processes*, 19, 427-452.
- Álvarez, C., Carreiras, M. & Taft, M. (2001). Syllables and morphemes: contrasting frequency effects in Spanish. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 27, 545-555.
- American Psychiatric Association (2004). Troubles des apprentissages. In *DSM-IV-TR. Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux* (pp. 56-65). Paris: Masson.
- Amitay, S., Ben Yehudah, G., Banai, K. & Ahissar, M. (2002). Disabled readers suffer from visual and auditory impairments but not from a specific magnocellular deficit. *Brain*, 125, 2272-2285.
- Anderson, J. (1983). *The architecture of cognition*. New York: Academic Press.
- Ans, B., Carbonnel, S. & Valdois, S. (1998). A connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. *Psychological Review*, 105, 678-723.
- Anthony, J. & Lonigan, C. (2004). The nature of phonological awareness: converging evidence from four studies of preschool and early grade school children. *Journal of Educational Psychology*, 96, 43-55.
- Anthony, J., Lonigan, C., Burgess, S., Driscoll, K., Philips, B. & Cantor, B. (2002). Structure of preschool phonological sensitivity: overlapping sensitivity to rhyme, words, syllables, and phonemes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 65-92.
- Anthony, J., Lonigan, C., Driscoll, K., Phillips, B. & Burgess, S. (2003). Preschool phonological sensitivity: a quasi-parallel progression of word structure units and cognitive operations. *Reading Research Quarterly*, 38, 470-487.
- Arnbak, E. & Elbro, C. (2000). The effects of morphological awareness training on the reading and spelling skills of young dyslexics. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 44, 229-251.

B

- Bailey, C., Manis, F., Pedersen, W. & Seidenberg, M. (2004). Variation among developmental dyslexics: evidence from a printed-word-learning task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 125-154.
- Baldeweg, T., Richardson, A., Witkins, S., Foale, C. & Gruzelier, J. (1999). Impaired auditory frequency discrimination in dyslexia detected with mismatch evoked potentials. *Annals of Neurology*, 45, 495-503.
- Ballaz, C., Marendaz, C. & Valdois, S. (1999). Syllables as visual units: evidences from dyslexic and deaf children. *Proceedings of the XIth Conference of the European Society for Cognitive Psychology*, Ghent, Belgium, 1st – 4th September.
- Balota, D., Cortese, M., Sergent-Marshall, S., Spieler, D. & Yap, M. (2004). Visual word recognition of single-syllable words. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 283-316.
- Banel, M.-H., Frauenfelder, U. & Perruchet, P. (1998). Contributions des indices métriques à l'apprentissage d'un langage artificiel. *XXII^{èmes} Journées d'Études sur la Parole*. Martigny.
- Bastien-Toniazzo, M., Magnan, A. & Bouchafa, H. (1996). Une étude longitudinale des stratégies d'apprentissage de la correspondance grapho-phonologie en français. *Revue de Psychologie de l'Éducation*, 2, 37-65.

- Bastien-Toniazzo, M., Magnan, A. & Bouchafa, H. (1999). Nature des représentations du langage écrit aux débuts de l'apprentissage de la lecture: un modèle interprétatif. *Journal International de Psychologie*, 34, 43-58.
- Bedoin N. (2003). Sensitivity to voicing similarity in printed stimuli: effect of a training program in dyslexic children. *Journal of Phonetics*, 31, 514-546.
- Bedoin, N. & Dissard, P. (2002). Sonority and syllabic structure in reading: differences between French and English readers. *Current Psychology Letters: Brain, Behaviour and Cognition*, 8, 67-83.
- Bell, A. & Hooper, J. (1978). Issues and evidence in syllabic phonology. In A. Bell & J. Hooper (Eds.), *Syllables and segments*. Amsterdam (pp. 3-24). North-Holland Publishing Co.
- Ben-Yehudah, G., Sackett, E., Malchi-Ginzberg, L. & Ahissar, M. (2001). Impaired temporal contrast sensitivity in dyslexics is specific to retain-and-compare paradigms. *Brain*, 124, 1381-1395.
- Berent, I. & Perfetti, C. (1995). A ROSE is a REEZ: the 2-cycles model of phonology assembly in reading English. *Psychological Review*, 102, 146-184.
- Berg, T. (1989). On the internal structure of polysyllabic monomorphemic words: the case for superrimes. *Studia Linguistica*, 43, 5-32.
- Bernhardt, B. & Stemberger, J. (1998). *Handbook of phonological development from the perspective of constraint-based nonlinear phonology*. San Diego: Academic Press.
- Bertoncini, J., Bijeljac-Babic, R., Jusczyk, P., Kennedy, L. & Mehler, J. (1988). An investigation of young infants' perceptual representations of speech sounds. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 21-33.
- Bijeljac-Babic, R., Bertoncini, J. & Mehler, J. (1993). How do four-day-old infants categorize multisyllabic utterances? *Developmental Psychology*, 29, 711-721
- Bijeljac-Babic, R., Millogo, V., Farioli, F. & Grainger, J. (2004). A developmental investigation of word length effects in reading using a new on-line word identification paradigm. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 17, 411-431.
- Bishop, D., Carlyon, R., Deeks, J. & Bishop, S. (1999). Auditory temporal processing impairment. Neither necessary nor sufficient for causing language impairment in children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42, 1295-1310.
- Blevins, J. (1995). The syllable in phonological theory. In J. Goldsmith (Ed.), *The handbook of phonological theory* (pp. 206-244). Oxford: Blackwell.
- Blevins, J. (2004). *Evolutionary phonology. The emergence of sound patterns*. Cambridge: MIT Press.
- Boden, C. & Giaschi, D. (2007). M-stream deficits and reading-related visual processes in developmental dyslexia. *Psychological Bulletin*, 133, 346-366.
- Boder, E. (1973). Developmental dyslexia: a diagnostic approach based on three atypical reading-spelling patterns. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 15, 663-687.
- Boets, B., Ghesquière, P., 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, 19-30.
- Bogliotti, C., Messaoud-Galusi, S. & Serniclaes, W. (2002). Relations entre la perception catégorielle de la parole et l'apprentissage de la lecture. XXIV^{èmes} Journées d'Études sur la Parole. Nancy.
- Bonin, P., Chalard, M., Méot, A. & Fayol, M. (2001). Age-of-acquisition and word frequency in the lexical decision task: further evidence from the French language. *Current Psychology of Cognition*, 20, 401-443.
- Bonin, P. & Fayol, M. (2000). Writing words from pictures: What representations are activated and when? *Memory & Cognition*, 28, 677-689.
- Bonin, P., Pacton, S. & Fayol, M. (2001). La production verbale écrite: évidence en faveur d'une (relative) autonomie de l'écrit. *Psychologie Française*, 46, 77-88.
- Booth, J., Perfetti, C. & MacWhinney, B. (1999). Quick, automatic and general activation of orthographic and phonological representations in young readers. *Developmental Psychology*, 35, 3-19.
- Bosman, A. & De Groot, A. (1995). Evidence for assembled phonology in beginning and fluent readers as assessed with the first-letter-naming task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59, 234-259.

- Bosman, A. & De Groot, A. (1996). Phonologic mediation is fundamental to reading: evidence from beginning readers. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49, 715-744.
- Bosse, M.-L., Tainturier, M. & Valdois, S. (2006). Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104, 198-230.
- Bowey, J. (2002). Reflections on onset-rime and phoneme sensitivity as predictors of beginning word reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 29-40.
- Bradley, L. & Bryant, P. (1983). Categorizing sounds and learning to read. A causal connection. *Nature*, 301, 419-421.
- Bradley, D., Sánchez-Casas, R. & García-Albea, J. (1993). The status of the syllable in the perception of Spanish and English. *Language and Cognitive Processes*, 8, 197-233.
- Brand, M., Rey, A. & Peereman, R. (2003). Where is the syllable priming effect in visual word recognition? *Journal of Memory and Language*, 48, 435-443.
- Breier, J., Fletcher, J., Denton, C. & Gray, C. (2004). Categorical perception of speech stimuli in children at risk for reading difficulty. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 152-170.
- Breier, J., Gray, L., Fletcher, J., Diehl, R., Klaas, P., Foorman, B. & Molis, M. (2001). Perception of voice and tone onset time continua in children with dyslexia with and without attention deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 245-270.
- Breier, J., Gray, L., Fletcher, J., Foorman, B. & Klaas, P. (2002). Perception of speech and nonspeech stimuli by children with and without reading disability and attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 226-250.
- Breitmeyer, B. (1980). Unmasking visual masking: a look at the “why” behind the veil of the “how”. *Psychological Review*, 87, 52-69.
- Brent, M. & Cartwright, T. (1996). Distributional regularity and phonotactic constraints are useful for segmentation. *Cognition*, 61, 93-125.
- Brown, G. & Deavers, R. (1999). Units of analysis in nonword reading: evidence from children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 73, 208-242.
- Bruck, M., Treiman R. & Caravolas, M. (1995). The syllable’s role in the processing of the spoken English: evidence from a nonword comparison task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 469-479.
- Bruck, M., Genesee, F. & Caravolas, M. (1997). A cross linguistic study of early literacy acquisition. In B. Blachmann (Ed.), *Foundations of reading acquisition and dyslexia: implications for early intervention* (pp. 145-162). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brunswick, N., McCrory, E., Price, C., Frith, C. & Frith, U. (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexics: a search for Wernicke’s Wortschatz? *Brain*, 122, 1901-1917.
- Brybaert, M. (2001). Prelexical phonological coding of visual words in Dutch: automatic after all. *Memory & Cognition*, 29, 765-773.
- Burr, D., Morrone, M. & Ross, J. (1994). Selective suppression of the magnocellular visual pathway during saccadic eye movements. *Nature*, 371, 511-513.
- Bus, A. & Van Ijzendoorn, M. (1999). Phonological awareness and early reading: a meta-analysis of experimental training studies. *Journal of Educational Psychology*, 91, 403-414.

C

- Calmus, C. (2007). *Le rôle de la syllable chez l'apprenti lecteur de langue maternelle française*. Thèse de l'Université Lumière Lyon 2 – France.
- Caravolas, M., Kessler, B., Hulme, C. & Snowling, M. (2005). Effects of orthographic consistency, frequency, and letter knowledge on children’s vowel spelling development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92, 307-321.
- Carreiras, M., Álvarez, C. & De Vega, M. (1993). Syllable frequency and visual word recognition in Spanish. *Journal of Memory and Language*, 32, 766-780.
- Carreiras, M., Ferrand, L., Grainger, J. & Perea, M. (2005a). Sequential effects of phonological priming in visual word recognition. *Psychological Science*, 16, 585-589.
- Carreiras, M., Mechelli, A. & Price, C. (2006). Effect of word and syllable frequency on activation during lexical decision and reading aloud. *Human Brain Mapping*, 27, 963-972.

- Carreiras, M. & Perea, M. (2002). Masked priming effects with syllabic neighbors in a lexical decision task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 1228-1242.
- Carreiras, M. & Perea, M. (2004a). Naming pseudowords in Spanish: effects of syllable frequency. *Brain and Language*, 90, 393-400.
- Carreiras, M. & Perea, M. (2004b). Effets de la fréquence du voisinage syllabique dans la reconnaissance des mots écrits et la lecture: comparaisons inter-tâches. In L. Ferrand & J. Grainger (Eds.), *Psycholinguistique Cognitive. Essais en l'honneur de Juan Seguí* (pp. 233-251). Bruxelles: DeBoeck.
- Carreiras, M., Perea, M. & Grainger, J. (1997). Effects of orthographic neighbourhood in visual word recognition: cross-task comparisons. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 857-871.
- Carreiras, M., Vergara, M. & Barber, H. (2005b). Early event-related potential effects of syllabic processing during visual word recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 1803-1817.
- Casalis, S. (1995). *Lecture et dyslexies de l'enfant*. Paris : Septentrion.
- Casalis, S., Colé, P. & Sopo, D. (2004). Morphological awareness in developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 54, 114-138.
- Castles, A. & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, 91, 77-111.
- Castles, A., Datta, H., Gayan, J. & Olson, R. (1999). Varieties of reading disorder: genetic and environmental influences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 72, 73-94.
- Chait, M., Eden, G., Poeppel, D., Simon, J., Hill, D. & Flowers, L. (2007). Delayed detection of tonal targets in background noise in dyslexia. *Brain and Language*, 102, 80-90.
- Chaix, Y., Albaret, J.-M., Brassard, C., Cheuret, E., De Castelneau, P., Benesteau, J., Karsenty, C. & Démonet, J.-F. (2007). Motor impairment in dyslexia: the influence of attention disorders. *European Journal of Paediatric Neurology*, 11, 368-374.
- Chen, J.-Y., Dell, G. & Chen, T.-M. (2002). Word form encoding in Mandarin Chinese as assessed by the implicit priming paradigm. *Journal of Memory and Language*, 46, 751-781.
- Chéreau, C., Gaskell, M. & Dumay, N. (2007). Reading spoken words: orthographic effects in auditory priming. *Cognition*, 102, 341-360.
- Chiappe, P., Stringer, R., Siegel, L. & Stanovich, K. (2002). Why the timing deficit hypothesis does not explain reading disability in adults. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 15, 73-107.
- Cholin, J., Levelt, W. & Schiller, N. (2006). Effects of syllable frequency in speech production. *Cognition*, 99, 205-235.
- Cholin, J., Schiller, N. & Levelt, W. (2004). The preparation of syllables in speech production. *Journal of Memory and Language*, 50, 47-61.
- Clements, G. (1990). The role of the sonority cycle in core syllabification. In M. Beckman & J. Kingston (Eds.), *Papers in phonology I: between the grammar and the physics of speech* (pp. 283-333). Cambridge: Cambridge University Press.
- Clements, G. & Keyser, S. J. (1983). *CV phonology: a generative theory of the syllable*. Cambridge: MIT Press.
- Cohen, L. & Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *NeuroImage*, 22, 466-476.
- Cohen, J., McWhinney, B., Flatt, M. & Provost, J. (1993). PsyScope: an interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavioural Research Methods, Instruments and Computers*, 25, 257-271.
- Colé, P., Magnan, A. & Grainger, J. (1999). Syllable-sized units in visual word recognition: evidence from skilled and beginning readers of French. *Applied Psycholinguistics*, 20, 507-532.
- Colé, P., Royer, C., Leuwers, C. & Casalis, S. (2004). Les connaissances dérivationnelles et l'apprentissage de la lecture chez l'apprenti-lecteur français du CP au CE2. *L'Année Psychologique*, 104, 701-750.
- Colé, P. & Sprenger-Charolles, L. (1999). Traitement syllabique au cours de la reconnaissance de mots écrits chez des enfants dyslexiques, lecteurs en retard, et normo-lecteurs de 11 ans. *Rééducation Orthophonique*, 4, 323-360.

- 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., Curtis, B., Atkins, P. & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: dual-route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, 100, 589-608.
- Coltheart, M., Davelaar, E., Jonasson, J. & Besner, D. (1977). Access to the internal lexicon. In S. Dornic (Ed.), *Attention and performance VI* (pp. 535–555). London: Academic Press.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R. & Ziegler, J. C. (2001). DRC: A computational model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108, 204-256.
- Content, A., Dumay, N. & Frauenfelder, U. (2000). The role of syllable structure in lexical segmentation: helping listeners avoid mondegreens. In A. Cutler, J. McQueen & R. Zondervan (Eds.), *Spoken word access processes* (pp. 39-42). Max Planck Institute for Psycholinguistics, Nijmegen: The Netherlands.
- Content, A. & Frauenfelder, U. (2002). La syllable comme unité de perception de la parole: un état de la question. *XXIV^{èmes} Journées d'Études sur la Parole*. Nancy.
- Content, A., Kearns, R. & Frauenfelder, U. (2001b). Boundaries versus onsets in syllabic segmentation. *Journal of Memory and Language*, 45, 177-199.
- Content, A., Meunier, C., Kearns, R. & Frauenfelder, U. (2001a). Sequence detection in pseudowords in French: where is the syllable effect? *Language and Cognitive Processes*, 16, 609-636.
- Content, A., Mousty, P. & Radeau, M. (1990). Brulex: une base de données lexicales informatisées pour le français écrit et parlé. *L'Année Psychologique*, 90, 551-566.
- Content, A. & Zesiger, P. (1999). L'acquisition du langage écrit. In J.-A. Rondal & X. Séron (Eds.), *Troubles du langage. Bases théoriques, diagnostic et rééducation* (pp. 179-209). Liège: Mardaga.
- Conrad, M. & Jacobs, A. (2004). Replicating syllable frequency effects in Spanish in German: one more challenge to computational models of visual word recognition. *Language and Cognitive Processes*, 19, 369-390.
- Conrad, M., Jacobs, A. & Grainger, J. (2007). Phonology as the source of the syllable frequency effects in visual word recognition. *Memory & Cognition*, 35, 974-983.
- Conrad, M., Stenneken, P. & Jacobs, A. (2006). Associated or dissociated effects of syllable frequency in lexical decision and naming. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 339-345.
- Cornelissen, P., Hansen, P., Bradley, L. & Stein, J. (1996). Analysis of perceptual confusions between nine sets of consonant-vowel sounds in normal and dyslexic adults. *Cognition*, 59, 275-306.
- Cornelissen, P., Hansen, P., Gilchrist, Cormack, Essex & Frankish (1998). Coherent motion detection and letter position encoding. *Vision Research*, 38, 2181-2191.
- Cornelissen, P., Richardson, A., Mason, A., Fowler, S. & Stein, J. (1995). Contrast sensitivity and coherent motion detection measured at photopic luminance levels in dyslexics and controls. *Vision Research*, 35, 1483-1494.
- Cossu, G., Shankweiler, D., Liberman, I. & Gugliotta, M. (1995). Visual and phonological determinants of misreadings in a transparent orthography. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 7, 1-20.
- Cossu, G., Shankweiler, D., Liberman, I., Katz, L. & Tola, G. (1988). Awareness of phonological segments and reading ability in Italian children. *Applied Psycholinguistics*, 9, 1-16.
- Costa, A. & Sebastián-Gallés, N. (1998). Abstract syllabic structure in language production: evidence from Spanish. *Journal of Experimental Psychology*, 24, 886-903.
- Cunningham, J., Nicol, T., Zecker, S., Bradlow, A. & Kraus, N. (2001). Neurobiologic responses to speech in noise in children with learning problems: deficits and strategies for improvement. *Clinical Neurophysiology*, 112, 758-767.
- Curtin, S., Mintz, T. & Christiansen, M. (2005). Stress changes the representational landscape: evidence from word segmentation. *Cognition*, 96, 233-262.
- Cutler, A. (1997). The syllable's role in the segmentation of stress languages. *Language and Cognitive Processes*, 12(5/6), 839-845.
- Cutler, A., McQueen, J., Norris, D. & Somejuan, A. (2001). The roll of the silly ball. In E. Dupoux *et al.* (Eds.), *Language, brain and cognitive development: essays in honor of Jacques Mehler* (pp. 181-194). Cambridge: MIT Press.

- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D. & Seguí, J. (1983). A language specific comprehension strategy. *Nature*, 304, 141-159.
- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D. & Seguí, J. (1986). The syllable's differing role in the segmentation of French and English. *Journal of Memory and Language*, 25, 385-400.
- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D. & Seguí, J. (1989). Limits on bilingualism. *Nature*, 340, 229-230.
- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D. & Seguí, J. (1992). The monolingual nature of speech segmentation by bilinguals. *Cognitive Psychology*, 24, 381-410.
- Cutler, A. & Norris, D. (1988). The role of strong syllables in segmentation for lexical access. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 113-121.

D

- Danon-Boileau, L. & Barbier, D. (2001). *Play-On: un logiciel d'entraînement à la lecture*. Paris: Audivi-Média.
- De Cara, B. & Goswami, U. (2003). Phonological neighbourhood density effects in a rhyme awareness task in 5-year-old children. *Journal of Child Language*, 30, 695-710.
- DeFries, J., Fulker, D. & Labuda, M. (1987). Evidence for a genetic aetiology in reading disability of twins. *Nature*, 329, 537-539.
- Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris: Odile Jacob.
- Delahaie, M., Sprenger-Charolles, L., Serniclaes, W., Billard, C., Tichet, J., Poiteau, S. & Vol, S. (2004a). Les habiletés de perception des sons de la parole d'une population d'enfants prélecteurs. *ANAE*, 77, 13-23.
- Delahaie, M., Sprenger-Charolles, L., Serniclaes, W., Billard, C., Tichet, J., Poiteau, S. & Vol, S. (2004 b). Perception catégorielle dans une tâche de discrimination de phonèmes et apprentissage de la lecture. Données longitudinales: 5 à 7 ans. *Revue Française de Pédagogie*, 147, 91-105
- Delattre, P. (1965). *Comparing the phonetic features of English, German, Spanish and French*. Heidelberg: Julius Groos Verlag.
- Dell, G. (1986). A spreading-activation theory of retrieval in sentences production. *Psychological Review*, 93, 283-321.
- Dell, F. (1995). Consonant clusters and phonological syllables in French. *Lingua*, 95, 5-26.
- De Luca, M., Borrelli, M., Judica, A., Spinelli, D. & Zoccolotti, P. (2002). Eye movement patterns in linguistic and non linguistic tasks in developmental dyslexia. *Brain and Language*, 80, 617-626.
- Demb, J., Boynton, G. & Heeger, D. (1997). Brain activity in visual cortex predicts individual differences in reading performance. *PNAS*, 94, 13363-13366.
- Demb, J., Boynton, G. & Heeger, D. (1998a). Functional magnetic resonance imaging of early visual pathways in dyslexia. *Journal of Neuroscience*, 18, 6939-6951.
- Demb, J., Boynton, G., Best, M. & Heeger, D. (1998b). Psychophysical evidence for a magnocellular pathway deficit in dyslexia. *Vision Research*, 38, 1555-1559.
- Démonet, J.-F. (2002). Apports de la neuro-imagerie fonctionnelle à la compréhension des dysfonctionnements cérébraux dans les dyslexies développementales. In R. Cheminal & V. Brun (Eds.), *Les dyslexies* (pp. 23-34). Masson : Paris.
- Démonet, J.-F., Fiez, J., Paulesu, E., Petersen, S. & Zatorre, R. (1996). PET studies of phonological processing: a critical reply to Poeppel. *Brain and Language*, 28, 352-385.
- Démonet, J.-F., Taylor, M. & Chaix, Y. (2004). Developmental dyslexia. *The Lancet*, 363, 1451-1460.
- Démonet, J.-F., Thierry, G. & Cardebat, D. (2005). Renewal of the neurophysiology of language: functional neuroimaging. *Physiological Review*, 85, 49-95.
- Derwing, B. (1992). A 'pause-break' task for eliciting syllable boundary judgments from literate and illiterate speakers: preliminary results for five diverse languages. *Language and Speech*, 35, 219-235.
- Deutsch, G., Dougherty, R., Bammer, R., Siok, W., Gabrieli, J. & Wandell, B. (2005). Children's reading performance is correlated with white matter structure measured by diffusion tensor imaging. *Cortex*, 41, 354-363.
- De Weirdt, W. (1988). Speech perception and frequency discrimination in good and poor readers. *Applied Psycholinguistics*, 9, 163-183.
- Dijkstra, A., Roelofs, A. & Fieuws, S. (1995). Orthographic effects on phoneme monitoring. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 49, 264-271.

- Doignon, N. & Zagar, D. (2005). Illusory conjunctions in French: the nature of sublexical units in visual word recognition. *Language and Cognitive Processes*, 20, 443-464.
- Doignon, N. & Zagar, D. (2006). Les enfants en cours d'apprentissage de la lecture perçoivent-ils la syllable à l'écrit? *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 60, 258-274.
- Dominguez, A., De Vega, M. & Cuetos, F. (1997). Lexical inhibition from syllabic units in Spanish visual word recognition. *Language and Cognitive Processes*, 12, 401-422.
- Drieghe, D. & Brysbaert, M. (2002). Strategic effects in associative priming with words, homophones, and pseudohomophones. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 951-961.
- Dufour, O., Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L. & Démonet, J.-F. (2007). Top-down processes during auditory phoneme categorization in dyslexia: a PET study. *NeuroImage*, 1692-1707.
- Dufour, S., Peereman, R., Pallier, C. & Radeau, M. (2002). VoCoLex: une base de données lexicographiques sur les similarités phonologiques entre les mots français. *L'Année Psychologique*, 102, 725-746.
- Dumay, N., Content, A. & Frauenfelder, U. (2002a). Acoustic-phonetic cues to word boundary location: evidence from word spotting. *XXIV^{èmes} Journées d'Études sur la Parole*. Nancy.
- Dumay, N., Frauenfelder, U. & Content, A. (2002b). The role of syllable in lexical segmentation in French: word-spotting data. *Brain and Language*, 81, 144-161.
- Duncan, L., Colé, P., Seymour, P. & Magnan, A. (2006). Differing sequences of metaphonological development in French and English. *Journal of Child Language*, 33, 369-399.
- Duncan, L. & Grieve, C. (2007). Line bisection in developmental dyslexia. Evidence of a left visual mini-neglect? *Proceedings of the XVth Conference of the European Society for Cognitive Psychology*, Marseille, France, 29th August – 1st September.
- Duncan, L., Seymour, P. & Hill, S. (1997). How important are rhyme and analogy in beginning reading? *Cognition*, 63, 171-208.
- Duncan, L., Seymour, P. & Hill, S. (2000). A small to large unit progression in metaphonological awareness and reading? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 53, 1081-1104.
- Dupoux, E., Kakehi, K., Hirose, Y., Pallier, C., & Mehler, J. (1999). Epenthetic vowels in Japanese: A perceptual illusion? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(6), 1568-1578.
- Dupoux, E., Pallier, C., Sebastián, N. & Mehler, J. (1997). A destressing « deafness » in French? *Journal of Memory and Language*, 36, 406-421.
- Durand, J. & Laks, B. (2002). *Phonetics, phonology and cognition*. New York: Oxford University Press.

E

- Écalle, J. (2003). *Timé2: Test d'Identification de Mots Écrits pour enfants de 6 à 8 ans*. Paris: ECPA.
- Écalle, J. (2006). *Timé3: Test d'Identification de Mots Écrits pour enfants de 7 à 15 ans*. Paris: Mot-à-Mot.
- Écalle, J. & Magnan, A. (2002a). *L'apprentissage de la lecture. Fonctionnement et développement cognitifs*. Paris: Armand Colin.
- Écalle, J. & Magnan, A. (2002b). The development of epiphonological and metaphonological processing at the start of learning to read: a longitudinal study. *European Journal of Psychology of Education*, 17, 47-62.
- Écalle, J. & Magnan, A. (2007). Development of phonological skills and learning to read in French. *European Journal of Psychology of Education*, 22, 153-167.
- Écalle, J., Magnan, A. & Bouchafa, H. (2002). Le développement des habiletés phonologiques avant et au cours de l'apprentissage de la lecture: de l'évaluation à la remédiation. *Glossa*, 82, 4-12.
- Eckert, M. (2004). Neuroanatomical markers for dyslexia: a review of dyslexia structural imaging studies. *The Neuroscientist*, 10, 362-371.
- Eckert, M., Leonard, C., Richards, T., Aylward, E., Thomson, J. & Berninger, V. (2003). Anatomical correlates of dyslexia: frontal and cerebellar findings. *Brain*, 126, 482-484.
- Eden, G., VanMeter, J., Rumsey, J., Maisog, J., Woods, R. & Zeffiro, T. (1996). Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging. *Nature*, 382, 66-69.

- Ehri, L. (1989). Apprendre à lire et à écrire des mots. In L. Rieben & C. Perfetti (Eds.), *L'apprenti lecteur* (pp. 103-128). Neuchâtel-Paris: Delachaux & Niestlé.
- Ehri, L. (1997). Apprendre à lire et apprendre à orthographier, c'est la même chose ou pratiquement la même chose. In L. Rieben, M. Fayol & C. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 231-265). Paris: Delachaux & Niestlé.
- Ehri, L. (2005). learning to read words: theory, findings, and issues. *Scientific Studies of Reading*, 9, 167–188.
- Ehri, L., Nunes, S., Willows, D., Schuster, B., Yaghoub-Zadeh, Z. & Shanahan, T. (2001). Phonemic awareness instruction helps children learn to read: evidence from the National Reading Panel's Meta-analysis. *Reading Research Quarterly*, 36, 250–287.
- Elbro, C. & Jensen, M. (2005). Quality of phonological representations, word learning, and phoneme awareness in dyslexic and normal readers. *Scandinavian Journal of Psychology*, 46, 375-384.
- Encrevé, P. (1988). *La liaison avec et sans enchaînement, phonologie tridimensionnelle et usages du français*. Paris: Editions du Seuil.

F

- Fabbro, F., Pesenti, S., Facoetti, A., Bonanomi, M., Libera, L. & Lorusso, M. (2001). Callosal transfer in different subtypes of developmental dyslexia. *Cortex*, 37, 65-73.
- Fabre, D. & Bedoin, N. (2003). Sensitivity to sonority for print processing in normal readers and dyslexic children. *Current Psychology Letters: Brain, Behaviour and Cognition, Special Issue on Language Disorders and Reading Acquisition*, 10, 1-8.
- Facoetti, A., Lorusso, M., Paganoni, P., Cattaneo, C., Galli, R. & Mascetti, G. (2003a). The time course of attentional focusing in dyslexic and normally reading children. *Brain and Cognition*, 53, 181-184.
- Facoetti, A., Lorusso, M., Paganoni, P., Umiltà, C. & Mascetti, G. (2003b). The role of visuo-spatial attention in developmental dyslexia: evidence from a rehabilitation study. *Cognitive Brain Research*, 15, 154-164.
- Facoetti, A., Paganoni, P. & Lorusso, M. (2000a). The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Experimental Brain Research*, 132, 531-538.
- Facoetti, A., Paganoni, P., Turatto, M., Marzola, V. & Mascetti, G. (2000b). Visual-spatial attention in developmental dyslexia. *Cortex*, 36, 109-123.
- Farmer, M. & Klein, R. (1995). The evidence for temporal processing deficit linked to dyslexia: a review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2, 460-493.
- Fawcett, A. & Nicolson, R. (2002). Children with dyslexia are slow to articulate a single speech gesture. *Dyslexia*, 8, 189-203.
- Fear, B., Cutler, A. & Butterfield, S. (1995). The strong/weak syllable distinction in English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97/3, 1893-1904.
- Ferrand, L. (2000). Reading aloud polysyllabic words and nonwords: the syllabic length effect re-examined. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7(1), 142-148.
- Ferrand, L. (2001). *Cognition et lecture*. Bruxelles: DeBoeck.
- Ferrand, F. (2004). Nature des codes phonologiques actives au cours de la lecture silencieuse. In L. Ferrand & J. Grainger (Eds.), *Psycholinguistique Cognitive. Essais en l'honneur de Juan Seguí* (pp. 215-232). Bruxelles: DeBoeck.
- Ferrand, L. & Grainger, J. (2003). Homophonic interference effects in visual word recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 403-419.
- Ferrand, L. & New, B. (2003). Syllabic length effects in visual word recognition and naming. *Acta Psychologica*, 113, 167-183.
- Ferrand, L. & Seguí, J. (1998). The syllable's role in speech production: are syllables chunks, schemas, or both? *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 523-528.
- Ferrand, L., Seguí, J. & Grainger, J. (1996). Masked priming of word and picture naming: the role of syllabic units. *Journal of Memory and Language*, 35, 708-723.
- Ferrand, L., Seguí, J. & Humphreys, G. (1997). The syllable's role in word naming. *Memory & Cognition*, 25(4), 458-470.
- Fiez, J. & Petersen, S. (1998). Neuroimaging studies of word reading. *PNAS*, 95, 14-21.

- Finney, S., Protopapas, A. & Eimas, P. (1996). Attentional allocation to syllables in American English. *Journal of Memory and Language*, 35, 893-909.
- Fisher, S. & DeFries, J. (2002). Developmental dyslexia: genetic dissection of a complex trait. *Nature Reviews*, 3, 767-780.
- Floccia, J., Kolinsky, R., Dodane, C. & Morais, J. (2003). Discriminating spoken word in French: the role of the syllable and the CV phonological skeleton. *Language and Cognitive Processes*, 18, 241-267.
- France, S., Rosner, B., Hansen, P., Calvin, C., Talcott, J., Richardson, A. & Stein, J. (2000). Auditory frequency discrimination in adult developmental dyslexics. *Perception and Psychophysics*, 64, 169-179.
- Frauenfelder, U., Segui, J. & Dijkstra, T. (1990). Lexical effects in phoneme processing: Facilitatory or inhibitory? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 77-91.
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In K. Patterson, J. Marshall & M. Coltheart (Eds.), *Surface dyslexia: neuropsychological and cognitive studies of phonological reading* (pp. 301-330). London: Erlbaum.
- Frith, U. (1986). A developmental framework for developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 36, 69-81.
- Frith, U. (1999). Paradoxes in the definition of dyslexia. *Dyslexia*, 5, 192-214.
- Frith, U., Wimmer, H. & Landerl, K. (1998). Differences in phonological recoding in German- and English-speaking children. *Scientific Studies in Reading*, 2(1), 31-54.
- Frost, R. (1995). Phonological computation and missing vowels: mapping lexical involvement in reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 398-408.
- Frost, R. (1998). Toward a strong phonological theory of visual word recognition: true issues and false trails. *Psychological Bulletin*, 123, 71-99.
- Frost, R., Katz, L. & Bentin, S. (1987). Strategies for visual word recognition and orthographical depth: a multilingual comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 13(1), 104-115.
- Fudge, E. (1987). Branching structure within the syllable. *Journal of Linguistics*, 23, 359-377.

G

- Galaburda, A. (2002). Le cerveau et les sons : les leçons des rongeurs « dyslexiques ». In E. Dupoux (Ed.), *Les langages du cerveau* (pp. 443-457). Paris: Odile Jacob.
- Galaburda, A., LoTurco, J., Ramus, F., Fitch, R. & Rosen, G. (2006). From genes to behaviour in developmental dyslexia. *Nature Neuroscience*, 9, 1213-1217.
- Galaburda, A., Menard, M. & Rosen, G. (1994). Evidence for aberrant auditory anatomy in developmental dyslexia. *PNAS*, 91, 8010-8013.
- Galaburda, A., Sherman, G., Rosen, G., Aboitiz, F. & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, 18, 222-233.
- Gaskell, M., Spinelli, E. & Meunier, F. (2002). Perception of resyllabification in French. *Memory and Cognition*, 30, 798-810.
- Génard, N., Mousty, P., Content, A., Alégria, J., Leybaert, J. & Morais, J. (1998). Methods to establish subtypes of developmental dyslexia. In P. Reitsma & L. Verhoeven (eds.), *Problems and interventions in literacy development* (pp. 163-176). Dordrecht : Kluwer.
- Geudens, A. & Sandra, D. (1999). Onsets and rimes in a phonologically transparent orthography: differences between good and poor beginning readers of Dutch. *Brain and Language*, 68, 284-290.
- Geudens, A. & Sandra, D. (2003). Beyond implicit phonological knowledge: no support for an onset-rime structure in children's explicit phonological awareness. *Journal of Memory and Language*, 49, 157-182.
- Geudens, A., Sandra, D. & Martensen, H. (2005). Rhyming words and onset-rime constituents: an inquiry into structural breaking points and emergent boundaries in the syllable. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92, 366-387.

- Giraud, K., Démonet, J.-F., Habib, M., Marquis, P., Chauvel, P. & Liégeois-Chauvel, C. (2005). Auditory evoked potential patterns to voiced and voiceless speech sounds in adult developmental dyslexics with persistent deficits. *Cerebral Cortex*, 15, 1524-1534.
- Glushko, R. (1979). The organization and activation of orthographic knowledge in reading aloud. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 674-691.
- Godfrey, J., Syrdal-Lasky, A., Millay, K. & Knox, C. (1981). Performance of dyslexic children on speech tests. *Journal of Experimental Child Psychology*, 32, 401-424.
- Goldman, J.-P., Content, A. & Frauenfelder, U. (1996). Comparaison des structures syllabiques en français et en anglais. *XXI^{èmes} Journées d'Études sur la Parole*. Avignon (pp. 119-122).
- Goldrick, M. (2004). Phonological features and phonotactic constraints in speech production. *Journal of Memory and Language*, 51, 586-603.
- Goldsmith, J. (1990). *Autosegmental and metrical phonology*. Oxford: Blackwell.
- Gombert, J.-É. (1990). *Le développement métalinguistique*. Paris: PUF.
- Gombert, J.-É. (1992). Activité de lecture et activités associées. In M. Fayol, J.-É. Gombert, P. Lecocq, L., Sprenger-Charolles & D. Zagar (Eds.), *Psychologie cognitive de la lecture* (pp.107-140). Paris: PUF.
- Gombert, J.-É. (1995). Recherches sur l'utilisation des analogies orthographiques par l'apprenti lecteur. *Glossa*, 46/47, 40-50.
- Gombert, J.-É. (2003). Learning to read: which codes are concerned? At which level of cognitive control? In R. Joshi, C. Leong & B. Kaczmarek (Eds.), *Literacy acquisition. The role of phonology, morphology and orthography* (pp. 3-13). Amsterdam: IOS Press.
- Gombert, J.-É., Bryant, P. & Warrick, N. (1997). Les analogies dans l'apprentissage de la lecture et de l'orthographe. In L. Rieben, M. Fayol & C. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 319-334). Paris: Delachaux & Niestlé.
- Gombert, J.-É. & Colé, P. (2000). Activités métalinguistiques, lecture et illettrisme. In M. Kail & M. Fayol (Eds.), *L'acquisition du langage: le langage en développement au-delà de 3 ans* (pp. 117-150). Paris: PUF.
- Goslin, J. & Floccia, C. (2007). Comparing French syllabification in preliterate children and adults. *Applied Psycholinguistics*, 28, 341-367.
- Goslin, J., Grainger, J. & Holcomb, P. (2006). Syllable frequency effects in French visual word recognition: an ERP study. *Brain Research*, 1115, 121-134.
- Goswami, U. (1986). Children's use of analogy in learning to read: a developmental study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 42, 72-83.
- Goswami, U. (1990). Phonological priming and orthographic analogies in reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 323-340.
- Goswami, U. (1993). Toward an interactive analogy model of reading development: decoding vowel graphemes in beginning reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56, 443-475.
- Goswami, U. (1995). Phonological development and reading by analogy: what is analogy, and what is it not? *Journal of Research in Reading*, 18, 139-145.
- Goswami, U. (1999). Causal connections in beginning reading: the importance of rhyme. *Journal of Research in Reading*, 22, 217-240.
- Goswami, U. (2002). Phonology, reading development and dyslexia: a cross-linguistic perspective. *Annals of Dyslexia*, 52, 1-23.
- Goswami, U. & Bryant, P. (1990). *Phonological skills and learning to read*. Hove: Lawrence Erlbaum.
- Goswami, U. & East, M. (2000). Rhyme and analogy in beginning reading: conceptual and methodological issues. *Applied Psycholinguistics*, 21, 63-93.
- Goswami, U., Gombert, J.-É., Fraca De Barrera, L. (1998). Children's orthographic representations and linguistic transparency: nonsense word reading in English, French and Spanish. *Applied Psycholinguistics*, 19, 19-52.
- Goswami, U., Porpodas, C. & Wheelwright, S. (1997). Children's orthographic representations in English and Greek. *European Journal of Psychology of Education*, 3, 273-292.
- Goswami, U., Thomson, J., Richardson, U., Stainthorp, R., Hughes, D., Rosen, S. & Scott, S. (2002). Amplitude envelope onsets and developmental dyslexia: a new hypothesis. *PNAS*, 99, 10911-10916.

- Goswami, U., Ziegler, J., Dalton, L. & Schneider, W. (2001). Pseudohomophone effects and phonological recoding procedures in reading development in English and German. *Journal of Memory and Language*, 45, 648-664.
- Goswami, U., Ziegler, J., Dalton, L. & Schneider, W. (2003). Nonword reading across orthographies: how flexible is the choice of reading units. *Applied Psycholinguistics*, 24, 235-247.
- Gotor, A., Perea, M. & Algarabel, S. (1995). Effects of syllable structure in visual word recognition: evidence from a masked priming technique. *Proceedings of the VIIIth European Conference of the European Society for Cognitive Psychology*, Roma, Italia.
- Goulandris, N. & Snowling, M. (1991). Visual memory deficits: a plausible cause of developmental dyslexia? Evidence from a single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 127-154.
- Grainger, J. (2008). Cracking the orthographic code: an introduction. *Language and Cognitive Processes*, 23(1), 1-35.
- Grainger, J., Bouttevin, S., Truc, C., Bastien, M. & Ziegler, J. (2003). Word superiority, pseudoword superiority, and learning to read: a comparison of dyslexic and normal readers. *Brain and Language*, 87, 432-440.
- Grainger, J. & Jacobs, A. (1996). Orthographic processing in visual word recognition: a multiple read-out model. *Psychological Review*, 103, 518-565.
- Grainger, J., Muneaux, M., Farioli, F. & Ziegler, J. (2005). Effects of phonological and orthographic neighbourhood density interact in visual word recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 58A (6), 981-998.
- Grainger, J., O'Regan, J., Jacobs, A. & Seguí, J. (1989). On the role of competing word units in visual word recognition: the neighborhood frequency effect. *Perception & Psychophysics*, 45, 189-195.
- Grainger, J., SPinelli, E. & Ferrand, L. (2000). Effects of baseword frequency and orthographic neighborhood size in pseudohomophone naming. *Journal of Memory and Language*, 42, 88-102.
- Griffiths, S. & Frith, U. (2002). Evidence for an articulatory deficit in adult dyslexics. *Dyslexia*, 8, 14-21.
- Grigorenko, E. (2001). Developmental dyslexia: an update on genes, brains and environments. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42, 91-125.
- Grigorenko, E., Wood, F., Golovyan, L., Meyer, M., Romano, C. & Pauls, D. (2003). Continuing the search for dyslexia genes on 6p. *American Journal of Human Genetics*, 118B, 89-98.
- Gross, J., Treiman, R. & Inman, J. (2000). The role of phonology in a letter detection task. *Memory & Cognition*, 28, 349-357.

H

- Habib, M. (1997). *Dyslexie : le cerveau singulier*. Marseille: Solal.
- Habib, M. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia: an overview and working hypothesis. *Brain*, 123, 2373-2399.
- Habib, M. (2002). Effet d'un entraînement phonologique utilisant de la parole temporellement modifiée chez des enfants souffrant de dyslexie développementale. XXIV^{èmes} Journées d'Etudes sur la Parole. Nancy.
- Habib, M. (2003). Rewiring the dyslexic brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 330-333.
- Habib, M., Espesser, R., Rey, V., Giraud, K., Bruas, P. & Gres, C. (1999). Training dyslexics with acoustically modified speech: evidence of improved phonological performance. *Brain and Cognition*, 40, 143-146.
- Habib, M., Giraud, K., Rey, V. & Robichon, F. (1999). Neurobiologie du Langage. In J.-A. Rondal & X. Séron (Eds.), *Troubles du langage. Bases théoriques, diagnostic et rééducation* (pp. 11-55). Liège: Mardaga.
- Habib, M. & Rey, V. (2000). *Dyslexie, dyslexies*. Aix-en-Provence: PUP.
- Habib, M., Rey, V., Daffaure, V., Camps, R., Espesser, R., Joly-Pottuz, B. & Démonet, J.-F. (2002). Phonological training in children with dyslexia using temporally modified speech: a three-step pilot investigation. *Journal of Language and Communication Disorders*, 37, 289-308.
- Hallé, P., Chéreau, C. & Seguí, J. (2000). Where is the /b/ in « absurde » [apsyrd]? It is in French listener's minds. *Journal of Memory and Language*, 43, 618-639.

- Hallé, P., Seguí, J., Frauenfelder, U. & Meunier, C. (1998). Processing of illegal consonant clusters: a case of perceptual assimilation? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 592-608.
- Hämäläinen, J., Leppänen, P., Torppa, M., Müller, K. & Lyytinen, H. (2005). Detection of sound rise time by adults with dyslexia. *Brain and Language*, 94, 32-42.
- Hannula-Jouppi, K., Kaminen-Ahola, N., Taipale, M., Eklund, R., Nopola-Hemmi, J., Kääriäinen, H. & Kere, J. (2005). The axon guidance receptor gene *ROBO1* is a candidate for developmental dyslexia. *Plos Genetics*, 1, e50.
- Hansen, P., Stein, J., Orde, S., Winter, J. & Talcott, J. (2001). Are dyslexics' visual deficits limited to measures of dorsal stream function? *NeuroReport*, 12, 1527-1530.
- Hari, R. & Renvall, H. (2001). Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 525-532.
- Hari, R., Renvall, H. & Tanskanen, T. (2001). Left minineglect in dyslexic adults. *Brain*, 124, 1373-1380.
- Hari, R., Säskilähti, A., Helenius, P. & Uutela, K. (1999). Non-impaired auditory phase-locking in dyslexic adults. *NeuroReport*, 10, 2347-2348.
- Hari, R., Valta, M. & Uutela, K. (1999). Prolonged attentional dwell time in dyslexic adults. *Neuroscience Letters*, 271, 202-204.
- Harm, M. & Seidenberg, M. (1999). Phonology, reading acquisition, and dyslexia: insights from connectionist models. *Psychological Review*, 106, 491-528.
- Harm, M.W. & Seidenberg, M.S. (2001) Are there Orthographic Impairments in Phonological Dyslexia? *Cognitive Neuropsychology*, 18, 71-92.
- Harm, W. & Seidenberg, M. (2004). Computing the meanings of words in reading: cooperative division of labor between visual and phonological processes. *Psychological Review*, 111, 662-720.
- Hatcher, P. & Hulme, C. (1999). Phonemes, rhymes and intelligence as predictors of children's responsiveness to remedial reading instruction: evidence from a longitudinal intervention study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 72, 130-153.
- Hazan, V. & Barrett, S. (2000) The development of phonemic categorisation in children aged 6 to 12. *Journal of Phonetics*, 28, 377-396.
- Heiervang, E., Hugdahl, K., Steinmetz, H., Smievoll, A., Stevenson, J., Lund, A., Ersland, L. & Lundervold, A. (2000). Planum temporale, planum parietale and dichotic listening in dyslexia. *Neuropsychologia*, 38, 1704-1713.
- Heiervang, E., Stevenson, J. & Hugdahl, K. (2002). Auditory processing in children with dyslexia. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43, 931-938.
- Heilman, K., Voeller, K. & Alexander, A. (1996). Developmental dyslexia: a motor-articulatory feedback hypothesis. *Annals of Neurology*, 39, 407-412.
- Heim, S. & Keil, A. (2004). Large-scale neural correlates of developmental dyslexia. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 13, 125-140.
- Helenius, P., Tarkiainen, A., Cornelissen, P., Hansen, P. & Salmelin, R. (1999). Dissociation of normal feature analysis and deficient processing of letter-strings in dyslexic adults. *Cerebral Cortex*, 9, 476-483.
- Helenius, P., Uutela, K. & Hari, R. (1999). Auditory stream segregation in dyslexic adults. *Brain*, 122, 907-913.
- Hilaire-Debove, G. & Kehoe, M. (2004). Acquisition des consonnes finales (codas) chez les enfants francophones: des universaux aux spécificités de la langue maternelle. XXV^{èmes} Journées d'Études sur la Parole, Fez.
- Hoiem, T., Lundberg, I., Stanovich, K. & Bjaalid, I. (1995). Components of phonological awareness. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 7, 171-188.
- Hooper, J. B. (1972). The syllable in phonological theory. *Language*, 48(3), 525-540.
- Horwitz, B., Rumsey, J. & Donohue, B. (1998). Functional connectivity of the angular gyrus in normal reading and dyslexia. *PNAS*, 95, 8939-8944.
- Houghton, G. & Zorzi, M. (2003). Normal and impaired spelling in a connectionist dual-route architecture. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 115-162.

- Hulme, C. (2002). Phonemes, rimes and the mechanisms of early reading development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 58-64.
- Hulme, C., Hatcher, P., Nation, K., Brown, A., Adams, J. & Stuart, G. (2002). Phoneme awareness is a better predictor of early reading skill than onset-rime awareness. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 2-28.
- Hulme, C., Muter, V. & Snowling, M. (1998). Segmentation does predict early progress in learning to read better than rhyme: a reply to Bryant. *Journal of Experimental Child Psychology*, 71, 39-44
- Hutzler, F., Bergmann, J., Conrad, M., Kronbichler, M., Stenneken, P. & Jacobs, A. (2004). Inhibitory effects of first syllable-frequency in lexical decision: an event-related potential study. *Neuroscience Letters*, 372, 179-184.
- Hutzler, F., Conrad, M. & Jacobs, A. (2005). Effects of syllable frequency in lexical decision and naming: an eye movement study. *Brain and Language*, 92, 138-152.
- Hutzler, F., Kronbichler, M., Jacobs, A. & Wimmer, H. (2006). Perhaps correlational but not causal: no effect of dyslexic readers' magnocellular system of their eye movements during reading. *Neuropsychologia*, 44, 637-648.
- Hutzler, F. & Wimmer, H. (2004). Eye movements of dyslexic children when reading in a regular orthography. *Brain and Language*, 89, 235-242.
- Hutzler, F., Ziegler, J., Perry, C., Wimmer, H. & Zorzi, M. (2004). Do current connectionist learning models account for reading development in different languages? *Cognition*, 91, 273-296.

I

- Iles, J., Walsh, V. & Richardson, A. (2000). Visual search in dyslexia. *Dyslexia*, 6, 163-177.
- INSERM (2007). Expertise Collective. *Dyslexie, Dysorthographe, Dyscalculie. Bilan des données scientifiques. Synthèse et recommandations*. Paris: Les Éditions Inserm.

J

- Jacobs, A., Rey, A., Ziegler, J. & Grainger, J. (1998). MROMp: an interactive activation multiple readout model of orthographic and phonological processes in visual word recognition. In J. Grainger & A. Jacobs (Eds.), *Localist connectionist approaches to human cognition* (pp. 147-188). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jansma, B. & Schiller, N. (2004). Monitoring syllable boundaries during speech production. *Brain and Language*, 90, 311-317.
- Jared, D. (2002). Spelling-sound consistency and regularity effects in word naming. *Journal of Memory and Language*, 46, 723-750.
- Jenner, A., Rosen, G. & Galaburda, A. (1999). Neural asymmetries in primary visual cortex of dyslexic and nondyslexic brains. *Annals of Neurology*, 46, 189-196.
- Joanisse, M., Manis, F., Keating, P. & Seidenberg, M. (2000). Language deficits in dyslexic children: speech perception, phonology and morphology. *Journal of Experimental Child Psychology*, 71, 30-60.
- Juphard, A., Carbonnel, S., Ans, B. & Valdois, S. (2006). Length effect in reading and lexical decision: the multitrace memory model's account. *Current Psychology Letters: Behavior Brain & Cognition*, 19(2), <http://cpl.revues.org/document1005.html>
- Jusczyk, P., Jusczyk, A., Kennedy, L., Schomberg, T. & Koenig, N. (1995). Young infants' retention of information about bisyllabic utterances. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 822-836

K

- Kahn, D. (1980). *Syllable-based generalizations in English phonology*. New York: Garland.
- Kandel, S., Álvarez, C. & Vallée, N. (2006). Syllables as processing units in handwriting production. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 18-31.
- Kandel, S., Soler, O., Valdois, S. & Gros, C. (2006). Graphemes as motor units in the acquisition of writing skills. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 19, 313-337.
- Kandel, S. & Valdois, S. (2005). The effect of orthographic regularity on children's handwriting production. *Current Psychology Letters: Brain, Behaviour and Cognition*, 17. <http://cpl.revues.org/document463.html>

- Kandel, S. & Valdois, S. (2006a). Syllables as functional units in a copying task. *Language and Cognitive Processes*, 21, 432-452.
- Kandel, S. & Valdois, S. (2006b). French and Spanish-speaking children use different visual and motor units during spelling acquisition. *Language and Cognitive Processes*, 21, 531-561.
- Karmiloff, K. & Karmiloff-Smith, A. (2003). *Comment les enfants entrent dans le langage*. Paris: Retz.
- Katz, L. & Frost, R. (1992). The reading process is different for different orthographies: the orthographic depth hypothesis. In R. Frost & L. Katz (Eds.), *Orthography, phonology, morphology, and meaning. Advances in psychology* (pp. 67-84). Oxford: North-Holland.
- Kaye, J. & Lowenstamm, J. (1984). De la syllabité. In F. Dell, D. Hirst & J. Vergnaud (Eds.), *Forme sonore du langage* (pp. 123-159). Paris: Hermann.
- Kessler, B. & Treiman, R. (1997). Syllable structure and the distribution of phonemes in English syllables. *Journal of Memory and Language*, 37, 295-311.
- King, C., Warrier, C., Hayes, E. & Kraus, N. (2002). Deficits in auditory brainstem pathway encoding of speech sounds in children with learning problems. *Neuroscience Letters*, 357, 207-210.
- Klein, M. (1993). La syllabe comme interface de la production et de la réception phonique. In B. Laks & M. Plénat (Eds.), *De natura sonorum* (pp. 101-143). Paris: PUV.
- Klingberg, T., Hedeus, M., Temple, E., Salz, T., Gabrieli, J., Moseley, M. & Poldrack, R. (2000). Microstructure of temporo-parietal white matter as a basis for reading ability: evidence from diffusion tensor magnetic resonance imaging. *Neuron*, 25, 493-500.
- Kolinsky, R., Morais, J. & Cluytens, M. (1995). Intermediate representations in spoken word recognition: evidence from word illusions. *Journal of Memory and Language*, 34, 19-40.
- Kraus, N., McGee, T., Carrell, T., Zecker, S., Nicol, T. & Koch, D. (1996). Auditory neurophysiologic responses and discrimination deficits in children with learning problems. *Science*, 273, 971-973.
- Kronbichler, M., Hutzler, F. & Wimmer, H. (2002). Dyslexia: verbal impairments in the absence of magnocellular impairments. *NeuroReport*, 13, 617-620.
- Kronbichler, M., Wimmer, H., Staffen, W., Hutzler, F., Mair, A. & Ladurner, G. (2007). Developmental dyslexia: Gray matter abnormalities in the occipitotemporal cortex. *Human Brain Mapping*, doi:10.1002/hbm.20425.
- Kujala, T., Belitz, S., Tervaniemi, M. & Näätänen, R. (2003). Auditory sensory memory disorder in dyslexic adults as indexed by the mismatch negativity. *European Journal of Neuroscience*, 17, 1323-1327.
- Kujala, T., Karma, K., Ceponiene, R., Belitz, S., Turkkila, P., Tervaniemi, M. & Näätänen, R. (2001). Plastic neural changes and reading improvement caused by audiovisual training in reading-impaired children. *PNAS*, 98, 10509-10514.
- Kujala, Myllyviita, Tervaniemi, Alho, Kallio & Näätänen, R. (2000). Basic auditory dysfunction in dyslexia as demonstrated by brain activity measurements. *Psychophysiology*, 37, 262-266.
- Kujala, T. & Näätänen, R. (2001). The mismatch negativity in evaluating central auditory dysfunction in dyslexia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 25, 535-543.
- Kwantes, P. J., & Mewhort, D. J. K. (1999). Evidence for sequential processing in visual word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 376-381.

L

- Lachmann, T., Berti, S., Kujala, T. & Schröger, E. (2005). Diagnostic subgroups of developmental dyslexia have different deficits in neural processing of tones and phonemes. *International Journal of Psychophysiology*, 56, 105-120.
- Laing, E. & Hulme, C. (1999). Phonological and semantic processes influence beginning readers' ability to learn to read words. *Journal of Experimental Child Psychology*, 73, 183-207.
- Lamberts, K. (2005). Interpretation of orthographic uniqueness point effects in visual word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 14-19.
- Landerl, K., Wimmer, H. & Frith, U. (1997). Deficits in phoneme segmentation are not the core problem of dyslexia: evidence from German and English children. *Cognition*, 63, 315-334.

- Larsen, J., Høien, T., Lundberg, I. & Ødegaard, H. (1990). MRI evaluation of the planum temporale in adolescents with developmental dyslexia. *Brain and Language*, 39, 289-301.
- Leclercq, G., Content, A. & Frauenfelder, U. (2002). L'effet syllabique dans les mots et les pseudomots en français. *XXIV^{èmes} Journées d'Études sur la Parole*. Nancy.
- Lecocq, P. (1991). *Apprentissage de la lecture et dyslexie*. Bruxelles: Mardaga.
- Lefavrais, P. (1965). *Test de l'Alouette*. Paris: ECPA.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L. & Colé, P. (2004). Manulex: a grade-level lexical database from French elementary-school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36, 156-166.
- Levelt, W. (2001). Spoken word production: a theory of lexical access. *PNAS*, 98, 13464-13471.
- Levelt, W., Roelofs, A. & Meyer, A. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 1-75.
- Levelt, C., Schiller, N. & Levelt, W. (2000). The acquisition of syllable types. *Language Acquisition*, 8, 237-264.
- Levelt, W. & Wheeldon, L. (1994). Do speakers have access to a mental syllabary? *Cognition*, 50, 239-269.
- Leybaert, J. & Content, A. (1995). Reading and spelling acquisition in two different teaching methods: A test of the independence hypothesis. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 7, 65-88.
- Liberman, A., Cooper, F., Shankweiler, D. & Studdert-Kennedy, M. (1967). Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74, 431-461.
- Liberman, I., Shankweiler, D., Fischer, W. & Carter, B. (1974). Explicit syllable and phoneme segmentation in the young child. *Journal of Experimental Child Psychology*, 18, 201-212.
- Lindell, A., Nicholls, M. & Castles, A. (2003). The effect of orthographic uniqueness and deviation points on lexical decisions: evidence from unilateral and bilateral-redundant presentations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 287-307.
- Lindell, A., Nicholls, M., Kwantes, P. & Castles, A. (2005). Sequential processing in hemispheric word recognition: the impact of initial letter discriminability on the OUP naming effect. *Brain and Language*, 93, 160-172.
- Lorenzi, C., Dumont, A. & Füllgrabe, C. (2000). Use of temporal envelope cues by children with developmental dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 1367-1379.
- Lorusso, M., Facoetti, A., Toraldo, A. & Molteni, M. (2005). Tachistoscopic treatment of dyslexia changes the distribution of visual-spatial attention. *Brain and Cognition*, 57, 135-142.
- Lukatela, G., Frost, S. & Turvey, M. (1998). Phonological priming by masked nonword primes in the lexical decision task. *Journal of Memory and Language*, 39, 666-683.
- Lukatela, G. & Turvey, M. (1994a). Visual access is initially phonological: 1. Evidence from associative priming by words, homophones, and pseudohomophones. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 107-128.
- Lundberg, I., Frost, J. & Petersen, O. (1988). Effect of an extensive program for stimulating phonological awareness in preschool children. *Reading Research Quarterly*, 23, 263-284.
- Lupker, S., Perea, M. & Carreiras, M. (2008). Transposed-letter effects: consonants, vowels and letter frequency. *Language and Cognitive Processes*, 23(1), 93-116.
- Lyytinen, H., Aro, M., Eklund, K., Erskine, J., Guttorm, T., Laakso, M., Leppänen, P., Lyytinen, P., Poikkeus, A., Richardson, U. & Torppa, M. (2004). The development of children at familial risk for dyslexia: birth to school age. *Annals of Dyslexia*, 54, 184-220.

M

- Macizo, P. & Van Petten, C. (2007). Syllable frequency in lexical decision and naming of English words. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 20, 295-331.
- Magnan, A. & Écalle, J. (2001). Effets de congruence syllabique dans une tâche d'amorçage. In H. Paugam-Moisy, V. Nyckees & Caron-Pargue (Eds.), *La cognition entre individu et société*. Paris: Hermès Science Publication.
- Magnan, A. & Écalle, J. (2006). Audio-visual training in children with reading disabilities. *Computers & Education*, 46, 407-425.

- Magnan, A., Écalle, J. & Calmus, C. (in press). The effect of computer-aided learning in improving literacy skills in low-progress readers. In T. Scott & J. Livingstone (Eds.), *Leading edge educational technology*. Hauppauge: Nova Publishers.
- Magnan, A., Écalle, J. & Veuillet, E. (2005). Habilités phonologiques, identification de mots écrits et déficits auditifs perceptifs chez les enfants dyslexiques : effet d'un entraînement audio-visuel. *Revue Française de Pédagogie*, 152, 29-40.
- Magnan, A., Écalle, J., Veuillet, E. & Collet, L. (2004). The effects of an audio-visual training program in dyslexic children. *Dyslexia*, 10, 131-140.
- Manis, F., McBride-Chang, C., Seidenberg, M., Keating, P., Doi, M., Munson, B. & Petersen, A. (1997). Are speech perception deficits associated with developmental dyslexia? *Journal of Experimental Child Psychology*, 66, 211-235.
- Manis, F., Seidenberg, M., Doi, M., McBride-Chang, C. & Petersen, A. (1996). On the basis of two subtypes of developmental dyslexia. *Cognition*, 58, 157-195.
- Marec-Breton, N., Gombert, J.-É. & Colé, P. (2005). Traitements morphologiques lors de la reconnaissance des mots écrits chez des apprentis-lecteurs. *L'Année Psychologique*, 105, 9-45.
- Marouby-Terriou, G. & Denhière, G. (2002). Identifier l'écrit: influence des connaissances infra-lexicales. *Enfance*, 54, 381-407.
- Marsh, G., Friedman, M., Welch, V. & Desberg, P. (1981). A cognitive developmental theory of reading acquisition. In G. MacKinnon & T. Waller (Eds.), *Reading research: advances in theory and practice*. Hillsdale: Erlbaum.
- Marshall, C., Snowling, M. & Bailey, P. (2001). Rapid auditory processing and phonological ability in normal readers and readers with dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44, 925-940.
- Marslen-Wilson, W. & Welsh, A. (1978). Processing interactions and lexical access during word-recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology*, 10, 29-63.
- Masterson, J., Hazan, V. & Wijayatilake, L. (1995). Phonemic processing problems in developmental phonological dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 12, 233-259.
- Mathey, S., & Zagar, D. (2000). The neighborhood distribution effect in visual word recognition: words with single and twin neighbors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 184-205.
- Mathey, S. & Zagar, D. (2002). Lexical similarity in visual word recognition: the effect of syllabic neighborhood in French. *Current Psychology Letters: Behavior Brain & Cognition*, 8, 107-121.
- Mathey, S. & Zagar, D. (2006). The orthographic neighbourhood frequency effect in French: a letter-case manipulation study. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 60(2), 159-165.
- Mathey, S., Zagar, D., Doignon, N. & Seigneuric, A. (2006). The nature of the syllabic neighbourhood effects in French. *Acta Psychologica*, 123, 372-393.
- McAnally, K. & Stein, J. (1996). Auditory temporal coding in dyslexia. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences*, 263, 961-965.
- McAnally, K. & Stein, J. (1997). Scalp potentials evoked by amplitude-modulated tones in dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40, 939-945.
- McCandliss, B., Cohen, L. & Dehaene, S. (2003). The visual word form area: expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 293-299.
- McClelland, J. & Rumelhart, D. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: 1. An account of the basic findings. *Psychological Review*, 88, 357-407.
- McCrary, E., Frith, U., Brunswick, N. & Price, C. (2000). Abnormal functional activation during a simple word repetition task: a PET study of adult dyslexics. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 753-762.
- McCrary, E., Mechelli, A., Frith, U. & Price, C. (2005). More than words: a common neural basis for reading and naming deficits in developmental dyslexia? *Brain*, 128, 261-267.
- McQueen, J. (1998). Segmentation of continuous speech using phonotactics. *Journal of Memory and Language*, 39, 21-46.
- Mechelli, A., Crinion, J., Long, S., Friston, K., Lambon Ralph, M., Patterson, K., McClelland, J. & Price, C. (2005). Dissociating reading processes on the basis of neural interactions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 1753-1765.

- Mehler, J., Dommergues, J., Frauenfelder, U. & Seguí, J. (1981). The syllable's role in speech segmentation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 298-305.
- Mehler, J. & Dupoux, E. (1995). *Naître humain*. Paris: Odile Jacob.
- Mehler, J. & Dupoux, E. (2004). Combien de syllables dans "psycholinguistique"? Discussions autour de Juan Seguí. In L. Ferrand & J. Grainger (Eds.), *Psycholinguistique Cognitive. Essais en l'honneur de Juan Seguí* (pp. 38-56). Bruxelles: DeBoeck.
- Mehler, J., Dupoux, E. & Seguí, J. (1990). Constraining models of lexical access: the onset of word recognition. In G. Altmann (Ed.), *Cognitive models of speech processing* (pp. 236-262). Cambridge: MIT Press.
- Menell, P., McAnally, K. & Stein, J. (1999). Psychophysical sensitivity and physiological response to amplitude modulation in adult dyslexic listeners. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42, 797-803.
- Merzenich, M., Jenkins, W., Johnston, P., Schreiner, C., Miller, S. & Tallal, P. (1996). Temporal processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training. *Science*, 271, 77-81.
- Metsala, J., Stanovich, K. & Brown, G. (1998). Regularity effects and the phonological deficit model of reading disabilities: a meta-analytic review. *Journal of Educational Psychology*, 90, 279-293.
- Meynadier, Y. (2001). La syllabe phonétique et phonologique: une introduction. *Travaux Interdisciplinaires du Laboratoire Parole et Langage*, 20, 91-148.
- Miller, S., Linn, L., Tallal, P., Merzenich, M. & Jenkins, W. (1999). Entraînement à la parole et au langage acoustiquement modifiés: une relation entre l'entraînement à la discrimination auditive du mot et les mesures d'évolution du langage. *Rééducation Orthophonique*, 36, 159-182.
- Miles, E. (2000). Dyslexia may show a different face in different languages. *Dyslexia*, 6, 193-201.
- 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, 199-231.
- Morais, J. (1994). *L'art de lire*. Paris: Odile Jacob.
- Morais, J. (1995). Do orthographic and phonological peculiarities of alphabetically written languages influence the course of literacy acquisition? *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 7, 1-7.
- Morais, J. (2003). Levels of phonological representation in learning to read and in skilled reading. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 16, 123-151.
- Morais, J., Content, A., Cary, L., Mehler, J. & Seguí, J. (1989). Syllabic segmentation and literacy. *Language and Cognitive Processes*, 4, 57-67.
- Muneaux, M., Ziegler, J., Truc, C., Thomson, J. & Goswami, U. (2004). Deficits in beat perception and dyslexia: evidence from French. *NeuroReport*, 15, 1-5.
- Murray, R. & Vennemann, T. (1983). Sound change and syllable structure in Germanic phonology. *Language*, 59, 514-528.
- Muter, V., Hulme, C., Snowling, M. & Taylor, S. (1998). Segmentation, not rhyming, predicts early progress in learning to read. *Journal of Experimental Child Psychology*, 71, 3-27.

N

- Nagarajan, S. (2002). Successive signal representation in noise in dyslexics. *Clinical Neurophysiology*, 113, 459-461.
- Nagarajan, S., Mahncke, H., Salz, T., Tallal, P., Roberts, T. & Merzenich, M. (1999). Cortical auditory signal processing in poor-readers, *PNAS*, 96, 6483-6488.
- Nation, K. & Hulme, C. (1997). Phonemic segmentation, not onset-rime segmentation, predicts early reading and spelling skills. *Reading Research Quarterly*, 32, 156-167.
- Nazzi, T., Dillley, L., Jusczyk, A., Shattuck-Hufnagel, S. & Jusczyk, P. (2005). English-learning infants' segmentation of verbs from fluent speech. *Language and Speech*, 48, 279-298.
- Nazzi, T., Iakimova, G., Bertoncini, J., Frédonie, S. & Alcantara, C. (2006). Early segmentation of fluent speech by infants acquiring French: emerging evidence for cross linguistic differences. *Journal of Memory and Language*, 54, 283-299.

- New, B., Ferrand, L., Pallier, C. & Brysbaert, M. (2006). Re-examining word length effects in visual word recognition: new evidence from the English Lexicon Project. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 45-52.
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L. & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE. *L'Année Psychologique*, 101, 447-462.
- Nicolson, R. & Fawcett, A. (2005). Developmental dyslexia, learning and the cerebellum. *Journal of Neural Transmission Supplement*, 69, 19-36.
- Nicolson, R., Fawcett, A. & Dean, P. (2001a). Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 24, 508-511.
- Nicolson, R., Fawcett, A. & Dean, P. (2001b). Dyslexia, development and the cerebellum. *Trends in Neurosciences*, 24, 515-516.
- Nicolson, R., Fawcett, A., Berry, E., Jenkins, I., Dean, P. & Brooks, D. (1999). Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *Lancet*, 353, 1662-1667.
- Nittrouer, S. (1999). Do temporal processing deficits cause phonological processing problems? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42, 925-942.
- Nopola-Hemmi, J., Myllyluoma, B., Haltia, T., Taipale, M., Ollikainen, V., Ahonen, T., Voutilainen, A., Kere, J. & Widén, E. (2001). A dominant gene for developmental dyslexia on chromosome 3. *Journal of Medical Genetics*, 38, 658-664.
- Norris, D., McQueen, J. & Cutler, A. (1995). Competition and segmentation in spoken word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, 1209-1228.
- Norris, D., McQueen, J., Cutler, A. & Butterfield, S. (1997). The possible-word constraint in the segmentation of continuous speech. *Cognitive Psychology*, 34, 191-243.

Q

- Ognjenovic, V., Lukatela, G., Feldman, L. & Turvey, M. (1983). Misreading by beginning readers of Serbo-Croatian. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35, 97-109.
- Oldfield, R. (1971). The assessment and the analysis of handedness: the Edinburg inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Organisation Mondiale de la Santé (1994). Troubles spécifiques du développement des acquisitions scolaires. In *Classification Internationale des Maladies* (pp. 132-135). Paris: Masson.
- Otake, T., Hatano, G., Cutler, A. & Mehler, J. (1993). Mora or syllable? Speech segmentation in Japanese. *Journal of Memory and Language*, 32, 258-278.

P

- Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M. & Cleeremans, A. (2001). Implicit learning out of the lab: the case of orthographic regularities. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 401-426.
- Pallier, C., Sebastián-Gallés, N., Felguera, T., Christophe, A. & Mehler, J. (1993). Attentional allocation within the syllabic structure of spoken words. *Journal of Memory and Language*, 32, 373-389.
- Paulesu, E., Démonet, J.-F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., Cappa, S.-F., Cossu, G., Habib, M., Frith, C. & Frith, U. (2001). Dyslexia: cultural diversity and biological unity. *Science*, 291, 2165-2167.
- Paulesu, E., Frith, U., Snowling, M., Gallagher, A., Morton, J., Frackowiak, R. & Frith, C. (1996). Is developmental dyslexia a disconnection syndrome? Evidence from PET scanning. *Brain*, 119, 143-157.
- Peereman, R., Lété, B. & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-infra: distributional characteristics of grapheme-phoneme mappings, infralexicale and lexical units in child-directed written material. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 39, 593-603.
- Perea, M. & Carreiras, M. (1998). Effects of syllable frequency and syllable neighbourhood frequency in visual word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 134-144.
- Perea, M. & Carreiras, M. (2008). Do orthotactics and phonology constrain the transposed-letter effect? *Language and Cognitive Processes*, 23, 69-92

- Peretz, I., Lussier, I. & Béland, R. (1998). The differential role of syllabic structure in stem completion for French and English. *European Journal of Cognitive Psychology*, 10, 75-112.
- Perfetti, C. (1989). Représentation et prise de conscience au cours de l'apprentissage de la lecture. In L. Rieben & C. Perfetti (Eds.), *L'apprenti lecteur* (pp. 61-82). Neuchâtel-Paris: Delachaux & Niestlé.
- Perfetti, C. (1997). Psycholinguistique de l'orthographe et de la lecture. In L. Rieben, M. Fayol & C. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 37-56). Paris: Delachaux & Niestlé.
- Perfetti, C. (2003). The universal grammar of reading. *Scientific Studies of Reading*, 7, 3-24.
- Perfetti, C., Bell, L. & Delaney, S. (1988). Automatic (prelexical) phonetic activation in silent word reading: evidence from backward masking. *Journal of Memory and Language*, 27, 59-70.
- Perret, C., Bonin, P. & Méot, A. (2006). Syllable priming effects in picture naming in French: lost in the sea! *Experimental Psychology*, 53, 95-104.
- Perry, C. & Ziegler, J. (2004). Beyond the two-strategy model of skilled spelling: Effects of consistency, grain size, and orthographic redundancy. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A, 325-356.
- Perry, C., Ziegler, J. & Zorzi, M. (2007). Nested incremental modeling in the development of computational theories: the CDP+ model of reading aloud. *Psychological Review*, 114, 273-315.
- Pitt, M., Smith, K. & Klein, J. (1998). Syllabic effects in word processing: evidence from the structural induction paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1596-1611.
- Plaut, D., McClelland, J., Seidenberg, M. & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103, 56-115.
- Plaza, M. (2002). Troubles de l'accès au lexique dans les dyslexies de développement. In R. Cheminal & V. Brun (Eds.), *Les dyslexies* (pp. 49-55). Paris: Masson.
- Price, C. (2000). The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging. *Journal of Anatomy*, 197, 335-359.
- Price, P. (1980). Sonority and syllabicity. *Phonetica*, 37, 327-343.
- Prinzmetal, W., Hoffman, H. & Vest, K. (1991). Automatic processes in word perception: an analysis from illusory conjunctions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 902-923.
- Prinzmetal, W., Treiman, R. & Rho, S. (1986). How to see a reading unit. *Journal of Memory and Language*, 25, 461-475.
- Pugh, K., Mencl, W., Jenner, A., Katz, L., Frost, S., Lee, J., Shaywitz, S. & Shaywitz, B. (2000). Functional neuroimaging studies of reading and reading disability (developmental dyslexia). *Mental Retardation Development Disabilities Research Reviews*, 6, 207-213.
- Pugh, K., Mencl, W., Jenner, A., Katz, L., Frost, S., Lee, J., Shaywitz, S. & Shaywitz, B. (2001). Neurobiological studies of reading and reading disability. *Journal of Communication Disorders*, 34, 479-492.
- Pulgram, E. (1970). *Syllable, word, nexus, cursus*. The Hague: Mouton.

Q

- Quéné, H. (1992). Durational cues for word segmentation in Dutch. *Journal of Phonetics*, 20, 331-350.
- Quercia, P., Seigneuric, A., Chariot, S., Vernet, P., Pozzo, T., Bron, A., Creuzot-Garcher, C. & Robichon, F. (2005). Proprioception oculaire et dyslexie de développement. *Journal Français d'Ophtalmologie*, 28, 713-723.

R

- Radeau, M., Morais, J. & Seguí, J. (1995). Phonological priming between monosyllabic spoken words. *Journal of experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 1297-1311.
- Rae, C., Harasty, J., Dzendrowskyj, T., Talcott, J., Simpson, J. & Blamire, A. (2002). *Neuropsychologia*, 40, 1285-1292.

- Rae, C., Lee, M., Dixon, R., Blamire, A., Thompson, C., Styles, P., Talcott, J., Richardson, A. & Stein, J. (1998). Metabolic abnormalities in developmental dyslexia detected by 1H magnetic resonance spectroscopy. *Lancet*, 351, 1849-1852.
- Ramus, F. (2001). Outstanding questions about phonological processing in dyslexia. *Dyslexia*, 7, 197-216.
- Ramus, F. (2003). Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction? *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 212-218.
- Ramus, F. (2004). Neurobiology of dyslexia: a reinterpretation of the data. *Trends in Neurosciences*, 27, 720-726.
- Ramus, F., Pidgeon, E. & Frith, U. (2003a). The relationship between motor control and phonology in dyslexic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 712-722.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S., Day, B., Castellote, J., White, S. & Frith, U. (2003b). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126, 841-865.
- Ramus, F. & Szenkovits, G. (2008). What phonological deficit? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 129-141.
- Rapp, B. (1992). The nature of sublexical orthographic organisation: the bigram through hypothesis examined. *Journal of Memory and Language*, 33, 33-53.
- Rastle, K. & Coltheart, M. (1999). Serial and strategic effects in reading aloud. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 482-503.
- Rativeau, S., Zagar, D., Jourdain, C. & Colé, P. (1997). L'évaluation diagnostique de la lecture chez l'apprenti lecteur. In C. Miniac & B. Lété (Eds.), *L'illettrisme: de la prévention aux stratégies de formation chez l'adulte* (pp. 161-202). Bruxelles: DeBoeck.
- Rayner, K., Foorman, B., Perfetti, C., Pesetsky, D. & Seidenberg, M. (2001). How psychological science informs the teaching of reading. *Psychological Science in the Public Interest*, 2, 31-74.
- Reed, M. (1989). Speech perception and the discrimination of brief auditory cues in dyslexic children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 48, 270-292.
- Rey, A., Jacobs, A., Schmidt-Weigand, F. & Ziegler, J. (1998). A phoneme effect in visual word recognition. *Cognition*, 68, 71-80.
- Rey, V., De Martino, S., Espesser, R. & Habib, M. (2002). Temporal processing and phonological impairment in dyslexia: effect of phoneme lengthening on order judgment of two consonants. *Brain and Language*, 80, 576-591.
- Rey, A. & Schiller, N. (2005). Graphemic complexity and multiple print-to-sound associations in visual word recognition. *Memory & Cognition*, 33, 76-85.
- Rey, A., Ziegler, J. & Jacobs, A. (2000). Graphemes are perceptual reading units. *Cognition*, 75, 1-12.
- Reynolds, M. & Besner, D. (2005). Basic processes in reading: a critical review of pseudohomophone effects in reading aloud and a new computational account. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 622-646.
- Robichon F., Bouchard P., Démonet J.-F., & Habib M. (2000). Developmental dyslexia: re-evaluation of the corpus callosum in male adults. *European Neurology*, 43, 233-237.
- Rocheron, I., Lorenzi, C., Füllgrabe, C., Legros, V. & Dumont, A. (2002). Temporal envelope perception in dyslexic children. *NeuroReport*, 13, 1683-1687.
- Rondal, J.-A. (1997). L'évaluation du langage. Bruxelles: Mardaga.
- Rosen, S. (2003). Auditory processing in dyslexia and specific language impairment: is there a deficit? What is its nature? Does it explain anything? *Journal of Phonetics*, 31, 509-527.
- Rosen, S. & Manganari, E. (2001). Is there a relationship between speech and nonspeech auditory processing in children with dyslexia? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44, 720-736.
- Rouibah, A. & Taft, M. (2001). The role of syllabic structure in French visual word recognition. *Memory & Cognition*, 29, 373-381.
- Rubenstein, H., Lewis, S. & Rubenstein, M. (1971). Evidence for phonological coding in visual word recognition. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10, 645-657.
- Ruff, S., Boulanouar, K., Cardebat, D., Celsis, P. & Démonet, J.-F. (2001). Brain correlates of impaired categorical phonetic perception in adult dyslexics. *NeuroImage*, 13, S595.

- Ruff, S., Cardebat, D., Marie, N. & Démonet, J.-F. (2002). Enhanced response of the left frontal cortex to slowed down speech in dyslexia: an fMRI study. *NeuroReport*, 13, 1285-1289.
- Ruff, S., Marie, N., Celsis, P., Cardebat, D. & Démonet, J.-F. (2003). Neural substrates of impaired categorical perception of phonemes in adult dyslexics: an fMRI study. *Brain and Language*, 53, 331-334.
- Rumsey, J., Donohue, B., Brady, D., Nace, K., Giedd, J. & Andreason, P. (1997). A magnetic resonance imaging study of planum temporale asymmetry in men with developmental dyslexia. *Archives of Neurology*, 54, 1481-1489.
- Rumsey, J., Horwitz, B., Donohue, B., Nace, K., Maisog, J. & Andreason, P. (1999). A functional lesion in developmental dyslexia: left angular gyral blood flow predicts severity. *Brain and Language*, 70, 187-204.
- Russo, N., Nicol, T., Zecker, S., Hayes, E. & Kraus, N. (2005). Auditory training improves neural timing in the human brainstem. *Behavioural Brain Research*, 156, 95-103.

S

- Salmelin, R., Service, E., Kiesilä, P., Uutela, K. & Salonen, O. (1996). Impaired visual word processing in dyslexia revealed with magnetoencephalography. *Annals of Neurology*, 40, 157-162.
- Scarborough, H. (1998). Predicting the future achievement of second graders with reading disabilities: contributions of phonemic awareness, verbal memory, rapid serial naming, and IQ. *Annals of Dyslexia*, 48, 115-136.
- Schiller, N. (1998). The effect of visually masked primes on the naming latencies of words and pictures. *Journal of Memory and Language*, 39, 484-507.
- Schiller, N. (1999). Masked syllable priming of English nouns. *Brain and Language*, 68, 300-305.
- Schiller, N. (2000). Single word production in English: the role of subsyllabic units during speech production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 512-528.
- Schiller, N. (2004). The onset effect in word naming. *Journal of Memory and Language*, 50, 477-490.
- Schiller, N. & Costa, A. (2006). Activation of segments, not syllables, during phonological encoding in speech production. *The Mental Lexicon*, 1, 231-250.
- Schiller, N., Costa, A. & Colomé, A. (2002). Phonological encoding of single words: in search of the lost syllable. In C. Gussenhoven & N. Warner (Eds.), *Laboratory Phonology 7* (pp. 35-59). Berlin: Mouton de Gruyter.
- Schiller, N., Meyer, A. & Levelt, W. (1997). The syllabic structure of spoken words: evidence from the syllabification of intervocalic consonants. *Language and Speech*, 40, 103-140.
- Schneider, W., Küspert, P., Roth, E., Visé, M. & Marx, H. (1997). Short- and long-term effects of training phonological awareness in kindergarten: evidence from two German studies. *Journal of Experimental Child Psychology*, 66, 311-340.
- Schulte-Körne, G., Bartling, J., Deimel, W. & Remschmidt, H. (1999). Attenuated hemispheric lateralization in dyslexia: evidence of a visual processing deficit. *NeuroReport*, 10, 3697-3701.
- Schulte-Körne, G., Bartling, J., Deimel, W. & Remschmidt, H. (2004). Visual evoked potentials elicited by coherently moving dots in dyslexic children. *Neuroscience Letters*, 357, 207-210.
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J. & Remschmidt, H. (1998a). Role of auditory temporal processing for reading and spelling disability. *Perception and Motor Skills*, 86, 1043-1047.
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J. & Remschmidt, H. (1998b). Auditory processing and dyslexia: evidence for a specific speech processing deficit. *NeuroReport*, 26, 337-340.
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J. & Remschmidt, H. (2001). Speech perception deficit in dyslexic adults as measured by mismatch negativity (MMN). *International of Psychophysiology*, 40, 77-87.
- Sears, C., Hino, Y. & Lupker, S. (1995). Neighborhood size and neighborhood frequency effects in word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 876-900.
- Sebastián-Gallés, N., Dupoux, E., Seguí, J. & Mehler, J. (1992). Contrasting syllabic effects in Catalan and Spanish. *Journal of Memory and Language*, 31, 18-32.

- Seguí, J. (1997). La perception du langage parlé: données et théories. In J. Lambert & J.-L. Nespoulos (Eds.), *Perception auditive et compréhension du langage* (pp. 15-23). Paris: Solal.
- Seguí, J., Dupoux, E. & Mehler, J. (1990). The role of the syllable in speech segmentation, phoneme identification and lexical access. In G. Altmann (Ed.), *Cognitive models of speech processing* (pp. 263-280). Cambridge: MIT Press.
- Seguí, J. & Ferrand, L. (2000). *Leçons de parole*. Odile Jacob: Paris.
- Seguí, J., Frauenfelder, U. & Hallé, P. (2001). Phonotactic constraints shape speech perception: implications for sublexical and lexical processing. In E. Dupoux (Ed.), *Language, Brain, and Cognitive Development: Essays in honor of Jacques Mehler* (pp. 195-208). Cambridge: MIT Press.
- Seidenberg, M. (1987). Sublexical structures in visual word recognition: access units or orthographic redundancy? In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII: the psychology of reading* (pp. 245-263). Hillsdale: Erlbaum.
- Seidenberg, M., & McClelland, J. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96, 523-568.
- Seidenberg, M. & Plaut, D. (2006). Progress in understanding word reading: Data fitting versus theory building. In S. Andrews. (Ed.), *From inkmarks to ideas: Current issues in lexical processing* (pp. 1-29). Hove, UK: Psychology Press.
- Seidenberg, M., Plaut, D., Petersen, A., McClelland, J. & McRae, K. (1994). Nonword pronunciation and models of word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1177-1196.
- Selkirk, E. (1982). The syllable. In H. van der Hulst & N. Smith (Eds.), *The structure of phonological representations* (pp. 337-383). Dordrecht: Foris.
- Selkirk, E. (1984). On the major class features and syllable theory. In M. Arnolf & R. Octyle (Eds.), *Language and sound structure* (pp. 107-136). Cambridge: MIT Press.
- Sendlmeier, W. (1995). Feature, phoneme, syllable or word: how speech is mentally represented? *Phonetica*, 52, 131-143.
- Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., Carré, R. & Démonet, J.-F. (2001). Perceptual categorization of speech sounds in dyslexics. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44, 384-399.
- Serniclaes, W., Van Heghe, S., Mousty, P., Carré, R. & Sprenger-Charolles, L. (2004). Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 336-361.
- Sevald, C., Dell, G. & Cole, J. (1995). Syllable structure in speech production: are syllables chunks or schemas? *Journal of Memory and Language*, 34, 807-820.
- Seymour, P. (1990). Developmental dyslexia. In M. Eysenck (Ed.), *Cognitive psychology: an international review* (pp. 135-196). London: John Wiley & Sons.
- Seymour, P. (1997). Les fondations du développement orthographique et morphographique. In L. Rieben, M. Fayol & C. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 385-403). Paris: Delachaux & Niestlé.
- Seymour, P., Aro, M. & Erskine, J. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94, 143-174.
- Seymour, P. & Duncan, L. (1997). Small versus large unit theories of reading acquisition. *Dyslexia*, 3, 125-134.
- Seymour, P., Duncan, L. & Bolik, F. (1999). Rhymes and phonemes in the common unit task: replications and implications for beginning reading. *Journal of Research in Reading*, 22, 113-130.
- Shannon, R., Zeng, F., Kamath, V., Wygonski, J. & Ekelid, M. (1995). Speech recognition with primarily temporal cues. *Science*, 270, 303-304.
- Share, D. (1995). Phonological recoding and self-teaching: sine qua non of reading acquisition. *Cognition*, 55, 151-218.
- Share, D. (1999). Phonological recoding and orthographic learning: a direct test of the self-teaching hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 76, 1309-1324.
- Share, D., Jorm, A., MacLean, R. & Matthews, R. (2002). Temporal processing and reading disability. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 15, 151-178.

- Shaywitz, S. & Shaywitz, B. (2005). Dyslexia (Specific Reading Disability). *Biological Psychiatry*, 57, 1301-1309
- Shaywitz, S., Shaywitz, B., Pugh, K., Fulbright, R., Constable, R., Mencl, W., Shankweiler, D., Liberman, A., Skudlarski, P., Fletcher, J., Katz, L., Marchione, K., Lacadie, C., Gatenby, C. & Gore, J. (1998). Functional disruption in the organization of the brain for reading in dyslexia. *PNAS*, 95, 2636-2641.
- Shaywitz, B., Shaywitz, S., Pugh, K., Fulbright, R., Mencl, W., Constable, R., Skudlarski, P., Fletcher, J., Lyon, G. & Gore, J. (2001). The neurobiology of dyslexia. *Clinical Neuroscience Research*, 1, 291-299.
- Shaywitz, B., Shaywitz, S., Pugh, K., Mencl, W., Fulbright, R., Skudlarski, P., Constable, R., Marchione, K., Fletcher, J., Lyon, G. & Gore, J. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological Psychiatry*, 52, 101-110.
- Silani, G., Frith, U., Démonet, J.-F., Fazio, F., Perani, D., Price, C., Frith, C. & Paulesu, E. (2005). Brain abnormalities underlying altered activation in dyslexia: a voxel based morphometry study. *Brain*, 128, 2453-2461.
- Simos, P., Breier, J., Fletcher, J., Bergman, E. & Papanicolaou, A. (2000). Cerebral mechanisms involved in word reading in dyslexic children: a magnetic source imaging approach. *Cerebral Cortex*, 10, 809-816.
- Simos, P., Fletcher, J., Bergman, E., Breier, J., Foorman, B., Castillo, E., Davis, R., Fitzgerald, M. & Papanicolaou, A. (2002). Dyslexia-specific brain activation profile become normal following successful remedial training. *Neurology*, 58, 1203-13.
- Sireteanu, R., Goertz, R., Bachert, I. & Wandert, T. (2005). Children with developmental dyslexia show a left visual “minineglect”. *Vision Research*, 45, 3075-3082.
- Skottun, B. (2000). The magnocellular deficit theory of dyslexia: the evidence from contrast sensitivity. *Vision Research*, 40, 111-127.
- Skottun, B. (2005). Magnocellular reading and dyslexia. *Vision Research*, 45, 133-134.
- Slaghuis, W. & Ryan J. (1999). Spatio-temporal contrast sensitivity, coherent motion, and visible persistence in developmental dyslexia. *Vision Research*, 39, 651-668.
- Slaghuis, W. & Ryan, J. (2003). Directional motion contrast sensitivity in developmental dyslexia. *Vision*, 46, 3291-3303.
- Slowiaczek, L., Soltano, E. & Bernstein, H. (2006). Lexical and metrical stress in word recognition: lexical or pre-lexical influences? *Journal of Psycholinguistic Research*, 35, 491-512.
- Slowiaczek, L., Soltano, E., Wieting, S. & Bishop, K. (2003). An investigation of phonology and orthography in spoken-word recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 233-262.
- Snowling, M. (2001). From language to reading and dyslexia. *Dyslexia*, 7, 37-46.
- Snowling, M., Gallagher, A. & Frith, U. (2003). Family risk of dyslexia is continuous: individual differences in the precursors of reading skill. *Child Development*, 74, 358-373.
- Snowling, M., Stackhouse, J. & Rack, J. (1986). Phonological dyslexia and dysgraphia: a developmental analysis. *Cognitive Neuropsychology*, 3, 309-339.
- Spencer, A. (1996). *Phonology*. Oxford: Blackwell.
- Spencer, K. (2000). Is English a dyslexic language? *Dyslexia*, 6, 152-162.
- Spencer, K. (2007). Predicting children’s word-spelling difficulty for common English words from measures of orthographic transparency, phonemic and graphemic length and word frequency. *British Journal of Psychology*, 98, 305-338.
- Spencer, L. & Hanley, J. (2003). Effects of orthographic transparency on reading and phoneme awareness in children learning to read in Wales. *British Journal of Psychology*, 94, 1-28.
- Sperling, A., Lu, Z.-L., Manis, F. & Seidenberg, M. (2003). Selective magnocellular deficits in dyslexia: a “phantom contour” study. *Neuropsychologia*, 41, 1422-1429.
- Spinelli, E. & Ferrand, L. (2005). *Psychologie du langage. L’écrit et le parlé, du signal à la signification*. Paris: Armand Colin.
- Spinelli, E., McQueen, J. & Cutler, A. (2002). Resolution of liaison for lexical access in French. *Revue française de linguistique appliquée*, VII-1, 83-96.
- Spinelli, E., McQueen, J. & Cutler, A. (2003). Processing resyllabified words in French. *Journal of Memory and Language*, 48, 233-254.

- Spinelli, E. & Radeau, M. (2004). La syllabe contraint-elle la cohorte initiale en français ? In L. Ferrand & J. Grainger (Eds.), *Psycholinguistique Cognitive. Essais en l'honneur de Juan Segui* (pp. 75-91). Bruxelles: DeBoeck.
- Spoehr, K. & Smith, E. (1973). The role of syllables in perceptual processing. *Cognitive Psychology*, 5, 71-89.
- Sprenger-Charolles, L. & Bonnet, P. (1996). New doubts on the importance of the logographic stage. *Current Psychology of Cognition*, 15, 173-208.
- Sprenger-Charolles, L. & Casalis, S. (1995). Reading and spelling acquisition in French first graders: longitudinal evidence. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 7, 39-63.
- Sprenger-Charolles, L. & Casalis, S. (1996). *Lire, lecture et écriture: acquisition et troubles du développement*. Paris: PUF.
- Sprenger-Charolles, L. & Colé, P. (2003). *Lecture et dyslexie. Approche cognitive*. Paris: Dunod.
- Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Lacert, P. & Serniclaes, W. (2000). On subtypes of developmental dyslexia: evidence from processing time and accuracy scores. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54, 88-104.
- Sprenger-Charolles, L., Lacert, P. & Colé, P. (1999). Déficiences phonologiques et métaphonologiques chez des dyslexiques phonologiques et de surface. *Rééducation Orthophonique*, 197, 25-51.
- Sprenger-Charolles, L. & Siegel, L. (1997). A longitudinal study of the effects of syllabic structure on the development of reading and spelling skills in French. *Applied Psycholinguistics*, 18, 485-505.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. & Béchenec, D. (1998a). Phonological mediation and semantic and orthographic factors in silent reading in French. *Scientific Studies of Reading*, 2, 3-29.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L., Béchenec, D. & Serniclaes, W. (2003). Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in silent reading and in spelling: a four year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 194-217.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. & Bonnet, P. (1998b). Phonological mediation and orthographic factors in reading and spelling. *Journal of Experimental Child Psychology*, 68, 143-155.
- Stanovich, K., Siegel, L. & Gottardo, A. (1997). Converging evidence for phonological and surface subtypes of reading disability. *Journal of Educational Psychology*, 89, 114-127.
- Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental theory. *Dyslexia*, 7, 12-36.
- Stein, J. (2003). Visual motion sensitivity and reading. *Neuropsychologia*, 41, 1785-1793.
- Stein, J., Talcott, J. & Walsh, V. (2000). Controversy about the visual magnocellular deficit in developmental dyslexics. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 209-211.
- Stein, J. & Walsh, V. (1997). To see but not to read: the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20, 147-152.
- Stein, J. & Walsh, V. (1999). Impaired neural timing in developmental dyslexia – the magnocellular hypothesis. *Dyslexia*, 5, 59-77.
- Stein, J., Richardson, A. & Fowler, M. (2000). Monocular occlusion can improve binocular control and reading in dyslexics. *Brain*, 123, 164-170.
- Steinschneider, M., Volkov, I., Fishman, Y., Oya, H., Arezzo, J. & Howard, M. (2005). Intracortical responses in human and monkey primary auditory cortex support a temporal processing mechanism for encoding of the voice onset time phonetic parameter. *Cerebral Cortex*, 15, 170-186.
- Stenneken, P., Conrad, M. & Jacobs, A. (2007). Processing of syllables in production and recognition tasks. *Journal of Psycholinguistic Research*, 36, 65-78.
- Stoodley, C., Harrison, E. & Stein, J. (2006). Implicit motor learning deficits in dyslexic adults. *Neuropsychologia*, 44, 795-798.
- Stone, G., Vanhoy, M. & Van Orden, G. (1997). Perception is a two-way street: feedforward and feedback phonology in visual word recognition. *Journal of Memory and Language*, 36, 337-359.
- Studdert-Kennedy, M. (2002). Deficits in phoneme awareness does not arise from failures in rapid auditory processing. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 15, 5-14.
- Suomi, K., McQueen, J. & Cutler, A. (1997). Vowel harmony and speech segmentation in Finnish. *Journal of Memory and Language*, 36, 422-444.

- Swan, D. & Goswami, U. (1997). Picture naming and deficits in developmental dyslexia: the phonological representations hypothesis. *Brain and Language*, 56, 334-353.
- Szenkovits, G. & Ramus, F. (2005). Exploring dyslexics' phonological deficit I: lexical vs. sub-lexical and input vs. output processes. *Dyslexia*, 11, 253-268.

T

- Tabossi, P., Collina, S., Mazetti, M. & Zoppello, M. (2000). Syllables in the processing of spoken Italian. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 758-775.
- Taft, M. (1979). Lexical access via an orthographic code: the Basic Orthographic Syllabic Structure (BOSS). *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 21-39.
- Taft, M. (1992). The body of the BOSS: subsyllabic units in the lexical processing of polysyllabic words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1004-1014.
- Taft, M. (2001). Processing of orthographic structure by adults of different reading ability. *Language and Speech*, 44, 351-376.
- Taft, M. (2002). Orthographic processing of polysyllabic words by native and nonnative English speakers. *Brain and Language*, 81, 532-544.
- Taft, M., Álvarez, C. & Carreiras, M. (2007). Cross-language differences in the use of internal orthographic structure when reading polysyllabic words. *The Mental Lexicon*, 2, 49-63.
- Taft, M. & Radeau, M. (1995). The influence of the phonological characteristics of a language on the functional units of reading: a study in French. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 49, 330-346.
- Taipale, M., Kaminen, N., Nopola-Hemmi, J., Haltia, T., Myllyluoma, B., Lyytinen, H., Muller, K., Kaaranen, M., Lindsberg, P., Hannula-Jouppi, K. & Kere, J. (2003). A candidate gene for developmental dyslexia encodes a nuclear tetratricopeptide repeat domain protein dynamically regulated in brain. *PNAS*, 100, 11553-11558.
- Talcott, J., Hansen, P., Assoku, E. & Stein, J. (2000a). Visual motion sensitivity in dyslexia: evidence for temporal and motion energy integration deficits. *Neuropsychologia*, 38, 935-943.
- Talcott, J., Hansen, P., Willis-Owen, C., McKinnell, I., Richardson, A. & Stein, J. (1998). Visual magnocellular impairment in adult developmental dyslexics. *Neuro-Ophthalmology*, 20, 187-201.
- Talcott, J., Witton, C., McLean, M., Hansen, P., Rees, A., Green, G., & Stein, J. (1999). Can sensitivity to auditory frequency modulation predict children's phonological and reading skills? *NeuroReport*, 10, 2045-2050.
- Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 9, 182-198.
- Tallal, P., Miller, S., Bedi, G., Byma, G., Wang, X., Nagarajan, S., Schreiner, C., Jenkins, W. & Merzenich, M. (1996). Language comprehension in language-learning children improved with acoustically modified speech. *Science*, 271, 81-84.
- Tallal, P. & Piercy, M. (1973). Developmental aphasia: Impaired rate of non-verbal processing as a function of sensory modality. *Neuropsychologia*, 11, 389--398.
- Tallal, P. & Piercy, M. (1975). Developmental aphasia: the perception of brief vowels and extended stop consonants. *Neuropsychologia*, 13, 69-74.
- Tanner, W. & Swets, J. (1954). A decision-making theory of visual detection. *Psychological Review*, 61, 401-409.
- Temple, E., Deutsch, G., Poldrack, R., Miller, S., Tallal, P., Merzenich, M. & Gabrieli, J. (2003). Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: Evidence from fMRI. *PNAS*, 100, 2860-2865.
- Temple, Poldrack, Protopapas, Nagarajan, Salz, Tallal, Merzenich, Gabrieli, J. (2000). Disruption of the neural response to rapidly transient acoustic stimuli in dyslexia: evidence from fMRI. *PNAS*, 97, 13907-13912.
- Temple, E., Poldrack, R., Salidis, J., Deutsch, G., Tallal, P., Merzenich, M. & Gabrieli, J. (2001) Disrupted neural responses to phonological and orthographic processing in dyslexic children: an fMRI study. *NeuroReport*, 12, 299-308.
- Tesar, B. (1995). *Computational Optimality Theory*. Doctoral dissertation, University of Colorado at Boulder. ROA-90. <http://ruccs.rutgers.edu/~tesar/papers/tesardis.pdf>

- Transler, C., Leybaert, J., Gombert, J.-É. (1999). Do deaf children use spoken syllables as reading units? *Journal of Deaf Study and Deaf Education*, 4, 124-143.
- Treiman, R. (1986). The division between onsets and rimes in English syllables. *Journal of Memory and Language*, 25, 476-491.
- Treiman, R. (1989). The internal structure of the syllable. In G. Carlson & M. Tanenhaus (Eds.), *Linguistic structure in language processing* (pp. 27-52). Dordrecht: Kluwer.
- Treiman, R. (1992). The role of intrasyllabic units in learning to read and spell. In D. Sawyer & B. Fox (Eds.), *Phonological awareness in reading. The evolution of current perspective* (pp. 65-106). Hillsdale: Erlbaum.
- Treiman, R. (2006). Knowledge about letters as a foundation for reading and spelling. In R. Joshi & P. Aaron (Eds.), *Handbook of orthography and literacy* (pp. 581-599). Mahwah: Erlbaum.
- Treiman, R., Broderick, V., Tincoff, R. & Rodriguez, K. (1998). Children's phonological awareness: confusions between phonemes that differ only in voicing. *Journal of Experimental Child Psychology*, 68, 3-21.
- Treiman, R. & Cassar, M. (1997). Can children and adults focus on sound as opposed to spelling in a phoneme counting task? *Developmental Psychology*, 33, 771-780.
- Treiman, R. & Chafetz, J. (1987). Are there onset -and rime- like units in printed words? In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII. The psychology of reading* (pp. 281-298). Hillsdale: Erlbaum.
- Treiman, R. & Danis, C. (1988). Syllabification of intervocalic consonants. *Journal of Memory and Language*, 27, 87-104.
- Treiman, R., Fowler, C., Gross, J., Berch, D. & Weatherspoon, S. (1995c). Syllable structure or word structure? Evidence for onset and rime units with disyllabic and trisyllabic stimuli. *Journal of Memory and Language*, 34, 132-155.
- Treiman, R. & Kessler, B. (1995). In defense of an onset-rhyme syllable structure for English. *Language and Speech*, 38, 127-142.
- Treiman, R. & Kessler, B. (2007). Learning to read. In M. Gaskell (Ed.), *Oxford handbook of psycholinguistics* (pp. 657-666). Oxford: Oxford University Press.
- Treiman, R., Mullennix, J., Bijelbac-Babic, R. & Richmond-Welty, E. (1995b). The special role of rimes in the description, use and acquisition of English orthography. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 107-136.
- Treiman, R. & Zukowski, A. (1990). Toward an understanding of English syllabification. *Journal of Memory and Language*, 29, 66-85.
- Treiman, R. & Zukowski, A. (1991). Levels of phonological awareness. In S. Brady & D. Shankweiler (Eds.), *Phonological processes in literacy* (pp. 67-83). Hillsdale: Erlbaum.
- Treiman, R. & Zukowski, A. (1996). Children's sensitivity to syllables, onsets, rimes, and phonemes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 61, 193-215.
- Treiman, R., Zukowski, A. & Richmond-Welty, E. (1995a). What happened to the "n" of sink? Children's spellings of final consonant clusters. *Cognition*, 55, 1-38.
- Treisman, A. & Schmidt, H. (1982). Illusory conjunctions in the perception of objects. *Cognitive Psychology*, 14, 107-141.
- Tremblay, K. & Kraus, N. (2002). Auditory training induces asymmetrical changes in cortical neural activity. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 564-572.

V

- Valdois, S. (1996a). A case of developmental surface dyslexia and dysgraphia. *Brain and Cognition*, 32, 229-231.
- Valdois, S. (1996b). Les dyslexies développementales. In S. Carbonnel, P. Gillet, M.-D. Martory & S. Valdois (Eds.), *Approche cognitive des troubles de la lecture et de l'écriture chez l'enfant et l'adulte* (pp. 137-151). Marseille: Solal.
- Valdois, S., Bosse, M.-L., Ans B., Zorman, M., Carbonnel, S., David, D. & Pellat, J. (2003). Phonological and visual processing deficits are dissociated in developmental dyslexia: evidence from two case studies. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 16, 543-572.
- Valdois, S., Gérard, C., Vaneau, P. & Dugas, M. (1995). Peripheral developmental dyslexia: a visual attentional account? *Cognitive Neuropsychology*, 12, 31-67.

- Van Den Bosch, A., Content, A., Daelemans, W. & De Gelder, B. (1994). Measuring the complexity of writing systems. *Journal of Quantitative Linguistics*, 1, 178-188.
- Van Ingelghem, M., Van Wieringen, A., Wouters, J., Vandebussche, E., Onghena, P. & Ghesquière, P. (2001). Psychophysical evidence for a general temporal processing deficit in children with dyslexia. *NeuroReport*, 12, 3603-3607.
- Van Ijzendoorn, M. & Bus, A. (1994). Meta-analytic confirmation of the non-word reading deficit in developmental dyslexia. *Reading Research Quarterly*, 29, 266-275.
- Van Reybroeck, M. (2003). *Élaboration d'une batterie d'épreuves évaluant les compétences phonologiques*. Mémoire de DEA en Sciences Psychologiques et de l'Éducation, Université Libre de Bruxelles, Belgique.
- Vellutino, F., Fletcher, J., Snowling, M. & Scanlon, D. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45, 2-40.
- Vellutino, F. & Scanlon, D. (1987). Phonological coding, phonological awareness, and reading ability: evidence from a longitudinal and experimental study. *Merrill-Palmer Quarterly*, 33, 321-363.
- Vennemann, T. (1988). *Preference laws for syllable structure and the explanation of sound change*. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Ventura, P., Kolinsky, R., Brito-Mendes, C. & Morais, J. (2001). Mental representations of the syllable internal structure are influenced by orthography. *Language and Cognitive Processes*, 16, 393-418.
- Ventura, P., Morais, J., Pattamadilok, C. & Kolinsky, R. (2004). The locus of the orthographic consistency effect in auditory word recognition. *Language and Cognitive Processes*, 19, 57-95.
- Véronis, J. (1986). Étude quantitative sur le système graphique et phono-graphique du français. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 6(5), 501-531.
- VeUILLET, E., Magnan, A. & Écalle, J. (2004). Déficiences auditives perceptives et capacités en lecture chez les enfants dyslexiques: effet d'un entraînement audio-visuel. *Revue de Neuropsychologie*, 14, 103-132.
- VeUILLET, E., Magnan, A., Écalle, J., Thai-Van, H. & Collet, L. (2007). Auditory processing disorder in children with reading disabilities: effect of audiovisual training. *Brain*, 130, 2915-2928.
- Vidyasagar, T. (2004). Neural underpinnings of dyslexia as a disorder of visuo-spatial attention. *Clinical and Experimental Optometry*, 87, 4-10.
- Visser, T., Boden, C. & Giaschi, D. (2004). Children with dyslexia: evidence for visual attention deficits in perception of rapid sequences of objects. *Vision Research*, 44, 2521-2535.
- Vitevitch, M. & Luce, P. (2005). Increases in phonotactic probability facilitate spoken nonword repetition. *Journal of Memory and Language*, 52, 193-204.
- Vroomen, J. & De Gelder, B. (1995). Metrical segmentation and lexical inhibition in spoken word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 98-108.
- Vroomen, J. & De Gelder, B. (1997). The activation of embedded words in spoken word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 710-720.
- Vroomen, J. & De Gelder, B. (1999). Lexical access of resyllabified words: evidence from phoneme monitoring. *Memory & Cognition*, 27, 413-421.
- Vroomen, J., Tuomainen, J. & De Gelder, B. (1998). The roles of word stress and vowel harmony in speech segmentation. *Journal of Memory and Language*, 38, 133-149.

W

- Wagner, R. & Torgesen, J. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skill. *Psychological Bulletin*, 101, 192-212.
- Wang, Y., Paramasivam, M., Thomas, A., Bai, J., Kaminen-Ahola, N., Kerer, J., Voskuil, J., Rosen, G., Galaburda, A., LoTurco, J., (2006). DYX1C1 functions in neural migration in developing neocortex. *Neuroscience*, 143, 512-522.
- Weekes, B. (1997). Differential effects of number of letters on words and nonword naming latency. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A, 439-456.
- Werker, J. & Tees, R. (1987). Speech perception in severely disabled and average reading children. *Canadian Journal of Psychology*, 41, 48-61.

- White, S., Milne, E., Rosen, S., Hansen, P., Swettenham, J., Frith, U. & Ramus, F. (2006). The role of sensorimotor impairments in dyslexia: a multiple case study of dyslexic children. *Developmental Science*, 9, 237-255.
- Wible, B., Nicol, T. & Kraus, N. (2005). Correlation between brainstem and cortical auditory processes in normal and language-impaired children. *Brain*, 128, 417-423.
- Wimmer, H. (1993). Characteristics of developmental dyslexia in a regular writing system. *Applied Psycholinguistics*, 14, 1-33.
- Wimmer, H. & Goswami, U. (1994). The influence of orthographic consistency on reading development. Word recognition in English and German children. *Cognition*, 51, 91-103.
- Wimmer, H. & Hummer, P. (1990). How German speaking first graders read and spell: doubts on the importance of the logographic stage. *Applied Psycholinguistics*, 11, 349-368.
- Wimmer, H., Landerl, K., Linortner, R. & Hummer, P. (1991). The relationship of phonemic awareness to reading acquisition: more consequences than precondition, but still important. *Cognition*, 40, 219-249.
- Wimmer, H., Mayringer, H. & Landerl, K. (1998). Poor reading: a deficit in skill-automatization or a phonological deficit? *Scientific Studies of Reading*, 2, 321-340.
- Wise, B., Ring, J. & Olson, R. (2000). Individual differences in gains from computer-assisted remedial reading with more emphasis on phonological analysis or accurate reading in context. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 197-235.
- Wioland, F. (1985). *Les structures syllabiques du français. Fréquence et distribution des phonèmes consonantiques. Contraintes idiomatiques dans les séquences consonantiques*. Genève: Slatkine-Champion.
- Witton, C., Stein, J., Stoodley, C., Rosner, B. & Talcott, J. (2002). Separate influences of acoustic AM and FM sensitivity on the phonological decoding skills of impaired and normal readers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 866-874.
- Witton, C., Talcott, J., Hansen, P., Richardson, A., Griffiths, T., Rees, A., Stein, J. & Green, G. (1998). Sensitivity to dynamic auditory and visual stimuli predicts nonword reading ability in both dyslexic and normal readers. *Current Biology*, 8, 791-797.
- Wright, B., Lombardino, L., King, W., Puranik, C., Leonard, C. & Merzenich, M. (1997). Deficits in auditory temporal and spectral resolution in language-impaired children. *Nature*, 387, 176-178.

Y

- Yates, M., Locker, L. & Simpson, G. (2004). The influence of phonological neighborhood on visual word perception. *Psychonomic Bulletin and Review*, 11, 452-457.

Z

- Zec, D. (1995). Sonority constraints on syllable structure. *Phonology*, 12, 85-129.
- Zeffiro, T. & Eden, G. (2001). The cerebellum and dyslexia: perpetrator or innocent bystander? *Trends in Neurosciences*, 24, 512-513.
- Zevin, J. & Seidenberg, M. (2002). Age of acquisition effects in reading and other tasks. *Journal of Memory and Language*, 47, 1-29.
- Ziegler, J., Castel, C., Pech-Georgel, C., George, F., Alario, F.-X. & Perry, C. (2008). Developmental dyslexia and the dual route model of reading: simulating individual differences and subtypes. *Cognition*, 107, 151-178.
- Ziegler, J., Ferrand, L. & Montant, M. (2004). Visual phonology: the effects of orthographic consistency on different auditory word recognition tasks. *Memory & Cognition*, 32, 732-741.
- Ziegler, J., Ferrand, L., Jacobs, A., Rey, A. & Grainger, J. (2000). Visual and phonological codes in letter and word recognition: Evidence from incremental priming. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53A, 671-692.
- Ziegler, J. & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: a psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131, 3-29.
- Ziegler, J. & Goswami, U. (2006). Becoming literate in different languages: similar problems, different solutions. *Developmental Science*, 9, 429-453.

- Ziegler, J., Jacobs, A. & Klüppel, D. (2001). Pseudohomophone effects in lexical decision: still a challenge for current word recognition models. *Journal of Experimental Psychology: Human Performance and Perception*, 27, 547-559.
- Ziegler, J., Jacobs, A. & Stone, G. (1996). Statistical analysis of the bidirectional inconsistency of spelling and sound in French. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 28, 504-515.
- Ziegler, J., Montant, M. & Jacobs, A. (1997). The feedback consistency effect in lexical decision and naming. *Journal of Memory and Language*, 37, 533-554.
- Ziegler, J. C., Perry, C. & Coltheart, M. (2000). The DRC model of visual word recognition and reading aloud: an extension to German. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12, 413-430.
- Ziegler, J. C., Perry, C. & Coltheart, M. (2003). Speed of lexical and nonlexical processing in French: the case of the regularity effect. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 947-953.
- Ziegler, J., Perry, C., Ma-Wyatt, A., Ladner, D. & Schulte-Körne, G. (2003). Developmental dyslexia in different languages: language-specific or universal? *Journal of Experimental Child Psychology*, 86, 169-193.
- Ziegler, J., Stone, G. & Jacobs, A. (1997). What is the pronunciation for –ough and the spelling for /u/? A database for computing feedforward and feedback consistency in English. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 29, 600-618.
- Ziegler, J., Van Orden, G. & Jacobs, A. (1997). Phonology can help or hurt the perception of print. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 845-860.
- Zoccolotti, P., De Luca, M., Di Pace, E., Judica, A., Orlandi, M. & Spinelli, D. (1999). Marker of developmental surface dyslexia in a language (Italian) with high grapheme-phoneme correspondence. *Applied Psycholinguistics*, 20, 191-216.
- Zorman, M. (1999). Évaluation de la conscience phonologique et entraînement des capacités phonologiques en grande section de maternelle. *Rééducation Orthophonique*, 197, 139-157.
- Zorzi, M., Houghton, G. & Butterworth, B. (1998). Two routes or one in reading aloud? A connectionist dual-process model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1131-1161.
- Zwitserslood, P., Schriefers, H., Lahiri, A. & Van Donselaar, W. (1993). The role of syllables in the perception of spoken Dutch. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19, 260-271.

ANNEXES

Annexes A. Matériel de la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots

MOT CV						
Fréquent	Fréquence	PUphono	PUortho	Peu Fréquent	Fréquence	PUortho
balance	26	5	8	carafe	8	5
carotte	34	3	8	corail	6	5
malade	114	5	7	dorure	0	4
parole	54	5	7	durite	0	5
solide	37	5	7	morale	3	5
volant	19	4	7	torero	0	4

MOT CVC						
Fréquent	Fréquence	PUphono	PUortho	Peu Fréquent	Fréquence	PUortho
balcon	19	5	7	carbone	0	5
carton	66	5	7	cordon	5	5
malgré	86	6	5	dorsal	0	4
parfum	38	5	7	durcir	1	6
soldat	23	5	7	mortel	1	6
volcan	20	5	7	tornado	1	5

CIBLE CV			
Fréquent	Fréquence	Peu Fréquent	Fréquence
pa	2720	du	248
ca (x2)	2800	to	286
mo	3072	do	981
co	3454	vo	1010
ma	4638	so	1089
		ba	1257

CIBLE CVC			
Fréquent	Fréquence	Peu Fréquent	Fréquence
mor	436	dur	0
cor	463	bal	174
car (x2)	1035	tor	195
mal	1142	vol	197
par	6149	sol	260
		dor	328

Annexes B. Consigne de la tâche de détection visuelle de cible à l'initiale de mots

Tu vas voir une syllabe écrite de 2 ou 3 lettres au centre de l'écran. Regarde-la bien.

Tout de suite après, un mot va s'afficher en-dessous. Tu dois dire si la syllabe que tu vois apparaît ou non au début du mot écrit dessous. Tu dois répondre le plus vite possible en essayant de ne pas te tromper.

Si tu vois la syllabe au début du mot, tu appuies sur la touche 'oui'. Si tu ne vois pas la syllabe au début du mot, tu appuies sur la touche 'non'. Quand tu verras le mot 'PAUSE' écrit en rouge au centre de l'écran, cela veut dire que tu peux te reposer. Dès que tu voudras continuer l'exercice, tu appuieras sur la 'barre espace'.

Dès que tu es prêt et si tu as compris, tu mets tes doigts sur les touches de réponse et je lance l'exercice.

Annexes C. Matériel de la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots et du paradigme des conjonctions illusoires

Coda Sonore	
Attaque Sonore	Attaque Obstruente
BILRATE	BULPOTE
BIRLOTE	PILDORE
DALRITE	PULDITE
PURLIDE	TALPIDE
TOLRUDE	TOLDARE
TORLADE	TOLPUDE

Coda Obtruente	
Attaque Sonore	Attaque Obstruente
BUDLOTE	BICTADE
DATLORE	BIPTADE
DOTLIRE	DACTULE
PIDLARE	DAPTOLE
PITLUDE	DOPTILE
TADLITE	PUCTODE

Annexes D. Consigne de la tâche de reconnaissance bimodale audio-visuelle de pseudomots

Quand tu seras prêt(e), j'appuierai sur un bouton pour démarrer l'exercice.

Fais bien attention. Un premier mot écrit va apparaître à gauche et tu vas entendre en même temps comment il se lit. C'est un mot qui n'existe pas. Essaie de t'en rappeler. Puis, un deuxième mot va apparaître à droite.

Tu devras décider si ce deuxième mot est pareil ou pas pareil que le premier. Si c'est le même mot, tu appuieras sur la touche verte. Si ce n'est pas le même mot, tu appuieras sur la touche rouge. Essaie de répondre rapidement sans te tromper.

On va commencer par un entraînement pour t'habituer.

Si tu as bien compris l'exercice, pose tes doigts sur les touches.

Annexes E. Consigne de la tâche d'identification perceptive (paradigme des conjonctions illusoires)

Tu vas voir apparaître une lettre noire au centre de l'écran. Tu dois t'en rappeler pour pouvoir la rechercher dans un mot. Ensuite, la lettre va disparaître. Puis, tu vas voir très rapidement un mot dans un des 4 coins de l'écran. C'est un mot qui n'existe pas.

Ce mot est écrit avec deux couleurs : bleue et rouge. Tu dois retrouver la lettre dans le mot et dire sa couleur.

Si la lettre est bleue, tu appuies sur la touche bleue. Si la lettre est rouge, tu appuies sur la touche rouge.

Essaie de répondre rapidement sans te tromper.

On va commencer par un entraînement pour t'habituer.

Si tu as bien compris l'exercice, pose tes doigts sur les touches.

Annexes F. Matériel de la tâche de discrimination auditive de paires minimales

Condition 'identique'					
Sonorité 'occlusive'		Condition 'différent'		Sonorité 'fricative'	
Structure Syllabique 'CV'		Structure Syllabique 'CCV'		Structure Syllabique 'CV'	
Son Voisé	Son Non Voisé	Son Voisé	Son Non Voisé	Son Voisé	Son Non Voisé
bou / bou (x3)	pou / pou (x3)	prou / prou (x3)	fou / fou (x3)	vrou / vrou (x3)	frou / frou (x3)
dou / dou (x3)	tou / tou (x3)	drou / drou (x3)	zou / zou (x3)	znou / znou (x3)	snou / snou (x3)

Condition 'différent'		
Sonorité 'occlusive'		
Structure 'CV'		Structure 'CCV'
Voisem. (V)	Lieu (L)	Voisem. (V)
bou - pou	bou - dou	brou - prou
dou - tou	dou - bou	drou - trou
pou - bou	pou - tou	prou - drou
tou - dou	tou - pou	trou - drou
		V + L
		brou - trou
		drou - prou
		prou - drou
		trou - brou

Condition 'différent'		
Sonorité 'fricative'		
Structure 'CV'		Structure 'CCV'
Voisem. (V)	Lieu (L)	Voisem. (V)
fou - vou	fou - sou	frou - vrou
sou - zou	sou - fou	srou - znou
vou - fou	vou - zou	vrrou - znou
zou - sou	zou - vou	znou - vrrou
		V + L
		frou - znou
		snou - vrrou
		vrrou - snou
		znou - frou

Annexes G. Consigne de la tâche de discrimination auditive de paires minimales

Tu vas entendre 2 sons présentés l'un après l'autre. L'exercice est très simple.

Tu vas devoir décider si les 2 sons sont identiques ou pas.

Pour répondre, tu appuieras sur la touche verte pour dire 'oui', ce sont les mêmes

Si ce ne sont pas les mêmes, tu appuieras sur la touche rouge pour dire 'non'.

Essaie de bien écouter les 2 sons pour répondre rapidement, sans te tromper.

Pose tes doigts sur les 2 touches.

Si tu es prêt(e) à commencer, j'appuie sur la barre 'espace' pour lancer l'exercice.

Annexes H. Matériel de la tâche de décision lexicale

Structure Syllabique	Fréquent		Peu Fréquent		Remplisseurs
	Mot	Pseudohophone	Mot	Pseudomot	
CVCV	chapeau (191)	chapo	saumon (6)	sinan	sirop (38) / fusil (64)
	robot (78)	raubo	cageot (1)	capon	savon (37) / forêt (374)
	photo (96)	foto	furet (0)	faso	toupie (9) / wagon (19)
	sujet (130)	sugé	toucan (1)	taukin	jeton (1) / bidon (4)
	copain (52)	copin	béret (5)	buloi	sapin (78) / démon (1)
CCVC	frère (240)	fraire	crêpe (7)	cronte	plage (79) / trace (34)
	clown (91)	cloune	franche (2)	fringe	brute (4) / glace (169)
	blanche (157)	blenche	globe (9)	gloule	crèche (2) / drame (9)
	crabe (22)	krabe	crise (4)	crone	frite (0) / prune (7)
	drôle (120)	draule	grève (9)	groune	crème (76) / place (474)
CVCC	carte (153)	karte	cerne (0)	sirte	gorge (52) / poutre (5)
	poste (74)	pauste	gifle (5)	jigre	corde (86) / table (293)
	ferme (95)	fairme	marge (10)	mârpe	larme (5) / livre (377)
	sable (141)	çable	valse (2)	vorte	sabre (7) / fable (8)
	zèbre (28)	zaibre	cidre (2)	sacle	porte (487) / perle (9)

Annexes I. Consigne de la tâche de décision lexicale

Tu vas voir un mot écrit au milieu de l'écran. L'exercice est simple.

Tu vas devoir dire le plus vite possible, en essayant de ne pas te tromper, si le mot existe ou pas.

Si le mot que tu lis existe, tu appuieras sur la touche verte.

Si le mot que tu lis n'existe pas, tu appuieras sur la touche rouge.

Si tu as compris, pose tes doigts sur les 2 touches.

Dès que tu es prêt(e), je lance l'exercice.