

Doctorat de l'Université de Toulouse

préparé à l'Université Toulouse - Jean Jaurès

Rôle des compétences phonologiques et de l'Empan Visuo-Attentionnel sur l'identification de mots en cas de surdité : comparaison d'enfants sourds hétérogènes à un groupe témoin entendant

Thèse présentée et soutenue, le 20 décembre 2024 par

Cécile ADELINÉ

École doctorale

CLESCO - Comportement, Langage, Éducation, Socialisation, Cognition

Spécialité

Psychologie

Unité de recherche

CLLE - Unité Cognition, Langues, Langage, Ergonomie

Thèse dirigée par

Florence BARA et Christiane SOUM-FAVARO

Composition du jury

Mme Julie LEMARIE, Présidente, Université Toulouse - Jean Jaurès

Mme Caroline BOGLIOTTI, Rapporteur, Université Paris Nanterre

Mme Marie-Line BOSSE, Rapporteur, Université Grenoble Alpes

M. Mathieu MARX, Examineur, Université Toulouse III - Paul Sabatier

Mme Stéphanie BOREL, Examinatrice, Sorbonne Université

Mme Stéphanie COLIN, Examinatrice, Université Lumière Lyon 2

Mme Florence BARA, Directrice de thèse, Université Toulouse - Jean Jaurès

Mme Christiane SOUM-FAVARO, Co-directrice de thèse, Université Toulouse - Jean Jaurès

Remerciements

Résumer sa gratitude en peu de mots sera pour moi ... un défi impossible ! L'aboutissement de ce travail thèse est loin d'être le fruit de ma seule contribution. J'adresserai donc « une pluie de mercis », sans modération.

Avant tout, ce travail de thèse n'aurait pu voir le jour sans le soutien inconditionnel de ma direction de thèse. Merci à Christiane Soum-Favaro qui a été la première à croire en ce projet et m'a ouvert les portes de la recherche depuis le Master 1. Merci à Florence Bara qui, avec enthousiasme, a accepté de diriger ces travaux et m'a guidée avec bienveillance. Vos conseils, votre disponibilité, votre confiance et vos encouragements m'ont permis de me positionner en tant que chercheuse tout en respectant et considérant mon expérience clinique. J'espère que ce manuscrit de thèse saura refléter la richesse de nos discussions scientifiques.

Merci également aux membres de mon jury d'avoir accepté ce rôle pour examiner avec intérêt ces travaux : Pr Marie-Line Bosse, Caroline Bogliotti, Pr Julie Lemarié, Pr Mathieu Marx, Stéphanie Colin et Stéphanie Borel. Je suis honorée de votre regard porté sur mon travail et espère que nos échanges seront l'occasion d'approfondir nos visions scientifiques et cliniques sur la surdité comme sur la lecture.

Je remercie les membres de mon CSI, Pr Sylviane Valdois et Mélanie Jucla pour leur expertise et leurs conseils avisés qui m'ont permis d'avancer plus sereinement dans ces travaux tout au long de ces 3 années.

Merci également au laboratoire MODYCO de l'Université de Nanterre et à l'association GEORRIC pour leurs invitations respectives à la présentation de nos travaux de recherche.

Merci au Pr Mathieu Marx de s'être porté garant médical de ce projet et de nous avoir donné l'occasion de travailler avec les enfants sourds de différents CHU. Merci particulièrement à mes consœurs orthophonistes Nadine C., Hélène H., Cécile D., Sylvie L. et Sylvie B. d'avoir tout organisé pour rendre les rencontres avec les enfants sourds, possibles.

Merci également aux écoles d'avoir ouvert les portes de leurs classes pour permettre ma rencontre avec des enfants sourds ou entendants et de m'avoir accueillie chaleureusement au sein de leurs équipes pédagogiques. Merci, bien entendu, aux enfants et aux parents qui ont accepté de se prêter à cette expérimentation en donnant de leur temps et de leur énergie.

Merci à Alain Bacci pour la traduction LSF des formulaires, la présentation LSF du projet aux équipes et pour son investissement dans le projet des banques de données.

Merci aux laboratoires CLLE et LNPL qui m'ont accueillie. J'y ai découvert la richesse des échanges scientifiques comme la solidarité des membres de ces deux laboratoires. J'adresse un clin d'œil particulier aux statisticiens en herbe et aux plus avertis qui ont contribué à mes choix statistiques : Kuzma, Brivaël, Dimitri, Karla, Magali, Jean-François et Anna. Et puis... un grand merci aux doctorants et post-doctorants et ami.e.s qui m'ont accompagnée sur le chemin de cette thèse :

A mon CSP (Comité de Soutien Personnalisé) : Iona, Lucie, Silvia et Nour qui ont été des oreilles attentives et de précieuses conseillères quand le moral n'était pas là .

A mes relectrices rigoureuses et encourageantes : Anne-Flore, Katia, Iona, Aurore et Carine. Merci pour le temps que vous avez consacré à mon travail et pour vos SMS, vos mails et vos paroles si réconfortantes.

Merci également à ceux et celles qui ont partagé mes bureaux, mes repas, mes rires et mes doutes : Enhao et Stéphanie, qui m'ont si bien accueillie à mon arrivée ; Daniele, merci pour le parmesan d'Italie et ton humour ; Emma, Victoria, Régina, Sophie, Jasmin et Lyanne, merci pour votre joie de vivre ; Mireille, merci pour les super astuces sur R et les vidéos inoubliables ; Noémie, merci pour tes talents d'organisatrice ; Katia, merci pour veiller à conserver notre bel espace de travail et, un jour, pour cette petite matriochka sur mon bureau pour m'aider à mieux emboîter mes idées ! Merci aussi à mes collègues orthophonistes du laboratoire avec lesquelles nous partageons un regard clinique : Nour, Layana et Chloé ; à Kléo, Clara, Stéphanie, Elisa et Sangho, pour les pauses (qui n'en sont pas toujours!) ; à Anne-Flore, dont la douceur égale le courage ; à Lucie, merci pour ta clairvoyance et ta bonne humeur ; à Iona, merci pour ta bienveillance et ton soutien. J'espère que nos chemins se croiseront encore très souvent.

A celles et ceux avec qui j'ai tenu, avec beaucoup de plaisir, les gazettes des labos et qui, pour certains, les font vivre encore aujourd'hui .

A mes amis du CEPÉL avec lesquels il a toujours été un plaisir d'organiser les séminaires (je ne peux pas tous vous citer mais un merci spécial à Claire, Mariame et Silvia de m'avoir mise sur les rails à mon arrivée et à Emma et Iona d'avoir repris le flambeau).

Aux représentants doctorants sans lesquels un Noël sans chaussettes n'existerait pas et un printemps sans pique-nique non plus !

A celles et ceux qui m'entourent qui m'ont soutenue et encouragée continuellement, en me forçant parfois à m'évader : collègues d'avant (Sophie, Aurore, Aude) et amis de toujours (Delphine et Christophe, Carine et Olivier) merci pour les vacances aux embruns salés, les voyages à vélo qui régénèrent le cerveau, les montagnes dévalées qui dépaysent, les sandwiches sur le pouce qui réconfortent, vos paroles qui réchauffent toujours le cœur.

A mes parents et mes frères et sœurs qui m'ont appris à être curieuse et prennent toujours autant soin de moi (merci spécial à Mia, pour son joli coup de crayon !).

Et enfin, merci à Loïc et à mes garçons de m'avoir soutenue avec tendresse dans ce projet et d'avoir accepté qu'il nous vole un peu de notre temps ensemble. Je vous souhaite d'être un jour aussi épanouis et passionnés par un projet, mais également d'avoir la chance d'être aussi bien entourés.

Financements



Cette thèse a bénéficié du financement d'une bourse doctorale par la **Fondation Pour l'Audition**, dans le cadre du Projet PHONO-VAS FOR DEAF porté par Christiane Soum-Favaro et Florence Bara.

L'**ASEI** et l'**Université de Toulouse** ont également soutenu financièrement ce projet pour les frais de recueil de données, les dédommagements des familles pour les déplacements au CHU, le matériel expérimental et logistique.

Merci également à la société **Happyneuron** d'avoir gracieusement fourni le logiciel EVADYS pour la réalisation des tests d'EVA.

Résumé

De nombreuses études internationales révèlent que l'apprentissage de la lecture présente des défis spécifiques pour les enfants sourds : en France, plus de 40 % d'entre eux rencontrent des difficultés. La maîtrise de la lecture constitue un enjeu crucial pour leur socialisation et leur autonomie. Chez les enfants entendants, deux prérequis de la lecture importants émergent de la littérature scientifique : la conscience phonologique (CP), c'est-à-dire la capacité à manipuler les unités phonologiques de la langue, et l'Empan Visuo-Attentionnel (EVA), qui correspond au nombre de caractères perçus simultanément en une fixation oculaire.

Inspiré par les modèles de lecture à double voie, le développement de la lecture chez les enfants sourds a été principalement étudié sous l'angle de l'hypothèse phonologique. Cependant, en raison de l'accès limité à la phonologie chez les enfants sourds et de l'opacité du français, cette approche est débattue. Parallèlement, des approches alternatives, telles que l'hypothèse visuelle, suggèrent que certains lecteurs sourds signants, performants en lecture, utilisent des stratégies visuelles spécifiques (e.g. large empan perceptif et lecture par mots-clés). Par ailleurs, des études récentes ont mis en lumière des compétences visuo-orthographiques particulières chez les enfants sourds, qu'ils utilisent la langue vocale ou la langue des signes. À ce jour, aucune étude n'a examiné précisément le rôle de l'EVA dans l'identification des mots isolés chez les enfants sourds.

Notre étude se propose de tester l'hypothèse selon laquelle les bons lecteurs sourds pourraient compenser un déficit en CP par un recours à l'EVA. Pour cela, nous avons conçu une batterie de tests comprenant des tâches de détection de rimes à l'aide d'images, le traitement de chaînes de consonnes via le logiciel EVADYS, et une tâche de décision orthographique avec distracteurs phonologiques et orthographiques. L'échantillon comprend 51 enfants sourds profonds (âgés de 8 à 12 ans) et 42 enfants entendants. Nos résultats, répartis en trois volets d'analyses, montrent une grande variabilité des scores de CP et d'EVA en fonction du groupe linguistique et du niveau de lecture.

La comparaison des groupes linguistiques montre que les compétences en CP sont élevées chez les entendants et sourds oralisants, mais plus faibles chez les sourds signants. En EVA, les entendants surpassent les deux groupes sourds. La comparaison en fonction du niveau de lecture montre que les lecteurs habiles obtiennent des scores de CP et d'EVA supérieurs, bien que certains lecteurs habiles aient des scores de CP relativement faibles tandis que leurs résultats sont comparables à ceux de leurs pairs habiles lecteurs, en EVA. Les modèles statistiques montrent que la CP influence principalement les enfants sourds oralisants via la lecture labiale, tandis que l'EVA joue un rôle dans l'identification des mots pour tous les groupes. La lecture labiale influence également la lecture des enfants sourds signants mais uniquement au niveau lexical.

Ces résultats suggèrent que la variabilité de l'apprentissage de la lecture chez les enfants, qu'ils soient sourds ou entendants, dépend en partie de l'EVA. Ils indiquent aussi qu'une part faible des enfants sourds signants, dans notre étude, parvient à devenir de bons lecteurs sans une conscience phonologique développée. En outre, la lecture labiale émerge comme un soutien central pour la reconnaissance des mots, jouant un rôle lexical pour les sourds signants et un rôle sublexical pour les sourds oralisants.

Ces résultats ouvrent des perspectives en recherche appliquée, en vue de développer des tests spécifiques pour mieux évaluer la population sourde.

Abstract

Numerous international studies reveal that learning to read presents specific challenges for deaf children: in France, over 40% of them encounter such difficulties. Yet, mastering reading is a crucial factor for their socialization and autonomy. For hearing children, two critical prerequisites for reading emerge from the scientific literature: phonological awareness (PA), which is the ability to manipulate phonological units of language, and the Visual-Attentional Span (VAS), corresponding to the number of letters in consonant string perceived simultaneously in a single eye fixation.

Inspired by dual-route reading models, reading development in deaf children has mainly been studied through the lens of the phonological hypothesis. However, given deaf children's limited access to phonology and the opacity of French, this approach is debated. In parallel, alternative approaches, such as the visual hypothesis, suggest that certain deaf readers who are skilled readers rely on specific visual strategies (e.g., larger perceptual span and keyword strategy). Moreover, recent studies have highlighted unique visuo-orthographic skills in deaf children, regardless of whether they use spoken language or sign language. To date, no study has precisely examined the role of VAS in written word identification in deaf children.

Our study aims to test the hypothesis that proficient deaf readers could compensate for a deficit in PA by relying on VAS. To do this, we designed a battery of tests including rhyme detection tasks using images, consonant string processing in EVADYS software, and an spelling decision task with phonological and orthographic distractors. The sample includes 51 profoundly deaf spoken and signing children (aged 8 to 12) and 42 hearing children. Our results, divided into three levels of analysis, reveal a wide variability in PA and VAS scores depending on linguistic group and reading level.

Comparing linguistic groups shows that PA skills are high among hearing children and deaf spoken children but lower in deaf signers. For VAS, hearing children outperform both deaf groups. Comparison based on reading level shows that skilled readers achieve higher scores in PA and VAS, although some skilled deaf readers, whether oral, signing, or hearing, have relatively low PA scores, but results in VAS comparable to their skilled reader peers. Statistical models indicate that PA mainly influences deaf spoken children through lip-reading, whereas VAS plays a role in word identification across all groups. Lip-reading also influences lexical-level word recognition in deaf signing children.

These findings suggest that the variability in reading acquisition among children, whether deaf or hearing, partly depends on VAS. They also indicate that a portion of deaf signing children, although small in our study, manages to become proficient readers without developed phonological awareness. Additionally, lip-reading emerges as a central support for word recognition, playing a lexical role for deaf signers and a sublexical role for deaf spoken children.

These results open perspectives in applied research, aimed at developing specific tests to better assess the deaf population.

Table des matières

Remerciements	1
Financements	4
Résumé	5
Abstract	6
Table des matières	7
Liste des figures	11
Liste des tableaux	13
Liste des abréviations	15
Chapitre introductif : le contexte d'apprentissage de la lecture en cas de surdité	16
Résumé du chapitre introductif	26
PARTIE I. Cadre théorique	27
Chapitre I : Identification des mots écrits chez les enfants entendants	28
1. De l'oral à l'écrit	28
1.1. Développement phonologique	28
1.2. Développement lexical	30
1.3. Difficultés pour entrer dans l'écrit	31
2. Modèles de lecture pour l'identification de mots	34
2.1. Théorie de l'auto-apprentissage	35
2.2. Modèles de lecture à deux voies avec auto-apprentissage	36
2.3. Modèles de lecture à voie unique avec auto-apprentissage	44
3. Prédicteurs de l'identification des mots écrits	53
3.1. Conscience phonologique	53
3.2. EVA	54
3.3. Autres prédicteurs	54
Résumé du chapitre I	57
Chapitre II : Rôle des processus phonologiques et visuo-attentionnels sur l'identification de mots chez les enfants entendants	58
1. Rôle des processus phonologiques	58
1.2. Unités phonologiques et lecture	59
1.3. Liens entre processus phonologiques et identification lexicale écrite	62
2. Rôle des processus visuels	67
2.1. Système visuel et lecture	67
2.2. Spécificités de l'Empan Visuo-Attentionnel	70
2.3. Liens entre EVA et identification lexicale écrite	74

3. EVA et Conscience phonologique : des contributions indépendantes sur l'identification de mots ?	78
Résumé du chapitre II	81
Chapitre III : Identification des mots écrits chez les enfants sourds	82
1. De l'oral à l'écrit chez les enfants sourds oralisants	82
1.1. Développement du système phonologique et lexical	83
1.2. Facteurs d'influence sur le développement phonologique et lexical	85
1.3. Difficultés pour entrer dans l'écrit	87
2. De la Langue des Signes vers la langue écrite	91
2.1. Caractéristiques principales de la Langue des Signes Française (LSF).....	91
2.2. Développement phonologique et lexical en LSF	95
2.3. Difficultés pour l'entrée dans la lecture selon le choix de langue.....	97
3. Modèles d'identification des mots chez les enfants sourds	101
3.1. Modèle sourd basé uniquement sur la phonologie sonore	102
3.2. Modèles sourds bimodaux LV et LS.....	104
3.3. Modèles sourds sans phonologie de la LV	108
3.4. Intérêt des modèles entendants pour expliquer la lecture des enfants sourds	116
4. Prédicteurs de l'identification de mots écrits chez les enfants sourds	118
4.1. Vocabulaire	118
4.2. RAN.....	118
4.3. Mémoire de travail et traitement séquentiel	119
4.4. Prédicteurs spécifiques à la surdité.....	119
Résumé du chapitre III	122
Chapitre IV : Rôle des processus phonologiques et visuo-attentionnels sur l'identification de mots chez les enfants sourds	123
1. Rôle des processus phonologiques sur la lecture	123
1.1. Conscience phonologique et unités disponibles en cas de surdité	123
1.2. �valuation de la conscience phonologique en question	128
1.3. Processus de lecture en voie phonologique chez les enfants sourds	130
2. Rôle des processus visuels	134
2.1. Processus visuo-attentionnels et compensation cérébrale chez les sourds	134
2.2. Traitements visuels séquentiels chez les sourds	137
2.3. Traitements visuels simultanés chez les sourds	139
3. Surdité, processus orthographiques de lecture et EVA	143
3.1. Chez les enfants sourds oralisants	144
3.2. Chez les enfants sourds signants.....	146
Résumé du chapitre IV	150
Chapitre V : Problématique et hypothèses	151
1. Compétences phonologiques	156
2. Empan visuo-attentionnel	156

PARTIE II. Partie expérimentale	158
Chapitre I : Méthodologie	159
1. Préambule	159
2. Participants	160
2.1. Critères d'inclusion et d'exclusion des participants	160
2.2. Recrutement des participants	161
2.3. Profil des participants sélectionnés	162
3. Matériel et procédure	164
3.1. Épreuves principales	166
3.2. Épreuves complémentaires	186
Chapitre II : Analyses statistiques et résultats	196
ANALYSES I : Comparaison des performances selon les groupes	198
1. Compétences phonologiques et d'empan visuo-attentionnel	198
1.1. Conscience phonologique	198
1.2. Accès aux mécanismes phonologiques en lecture	208
1.3. Empan visuo-attentionnel	217
ANALYSES II : Comparaisons des performances selon le niveau de lecture	225
1. Description des clusters	226
1.1. Répartition dans les clusters selon la langue	228
1.2. Répartition dans les clusters selon les autres variables	228
2. Description des performances entre clusters	229
2.1. Performances et temps de réponses en CP entre les clusters	229
2.2. Performances d'EVA entre les clusters	230
2.3. Performances sur les épreuves complémentaires entre les clusters	233
2.4. Résumé des résultats des comparaisons des clusters lecteurs	235
3. Description intracluster des groupes E, S.Or et S.Si	236
3.1. Performances et temps de réponses en CP intracluster	236
3.2. Performances d'EVA intracluster	240
3.3. Performances couplées de CP et d'EVA dans le cluster 2	244
4. Discussion intermédiaire	245
ANALYSES III : Poids des variables CP et EVA sur l'identification de mots	251
1. Comparaison des groupes sur les prédicteurs	251
1.1. Comparaison des groupes linguistiques en mémoire de travail	252
1.2. Comparaison des groupes linguistiques en dénomination rapide	252
1.3. Comparaison des groupes linguistiques en lecture labiale	253
1.4. Comparaison des groupes linguistiques sur le niveau de L1	253
2. Liens entre identification de mots et les prédicteurs testés chez tous les participants	254
2.1. Variables influençant la lecture de mots	254
2.2. Poids des variables influençant l'identification de mot chez tous les participants	257
3. Poids des variables influençant l'identification de mots selon les groupes	260
4. Discussion intermédiaire	266

Chapitre III : Résumé des principaux résultats	269
1. Conscience Phonologique et EVA chez les enfants E, S.Or et S.Si	269
2. Identification des profils de lecteurs	270
3. Prédicteurs de la lecture chez les E, S.Or et S.Si	272
PARTIE III. Discussion Générale	274
1. De la conscience phonologique vers les processus phonologiques de lecture chez les sourds et les entendants	275
2. Empan visuo-attentionnel et identification de mots chez les sourds et les entendants	282
3. Hétérogénéité des lecteurs sourds et poids des prédicteurs selon les enfants sourds	285
4. Proposition de modèle BRAID-Sourd	290
5. Limites et difficultés	294
5.1. Questions méthodologiques	294
5.2. Choix des prédicteurs	295
5.3. Adaptation des tests	296
6. Perspectives	298
6.1. Perspectives suite à notre étude	298
6.2. Perspectives d'études complémentaires	299
Conclusion générale	302
Bibliographie	304

Liste des figures

Figure 1 : Description des locuteurs sourds	18
Figure 2 : Modèle PDST-CDP++ (Ziegler et al., 2014)	37
Figure 3 : Modèle PDST-CDP++ perfectionné (Perry et al., 2019).....	39
Figure 4 : Modèle DRC (issu de Pritchard et al., 2018).....	41
Figure 5 : Section de la voie lexicale du modèle ST-DRC (Pritchard et al., 2018).....	42
Figure 6 : Modèle BRAID-Acq (Steinilber et al., 2022)	48
Figure 7 : Vision fovéale et parafovéale en lecture (Leibnitz et al., 2015).....	67
Figure 8 : Saccades et fixations sur la lecture de texte (Chanoine, 2023).....	69
Figure 9 : Distribution de l'attention sur la chaîne de lettres (Ginestet et al., 2022)	72
Figure 10 : Comparaison des tailles d'empans en nombre de lettres.....	73
Figure 11 : Comparaison des tailles d'empans selon l'étendue des traitements fovéal et parafovéal	73
Figure 12 : Audiogramme d'une perte auditive sévère à profonde bilatérale	83
Figure 13 : Exemples de signes polymorphémiques.	94
Figure 14 : Modèle de lecture des enfants sourds bilingues bimodaux de (Daigle, 2003)	105
Figure 15 : Modèle DRC-s à double voie de lecture (Elliott et al., 2012)	107
Figure 16 : Représentation schématique du modèle de lecture bilingue (LS/écrit) à étapes (Hoffmeister & Caldwell-Harris, 2014)	109
Figure 17 : Modèle d'apprentissage du vocabulaire écrit pour les sourds (Hermans et al., 2008a) ..	112
Figure 18 : « Deaf Bilingual Interactive Activation model » (Ormel et al., 2012).....	113
Figure 19 : Exemple de stimuli de CP	173
Figure 20 : Reports global et partiel (Valdois, 2020).....	175
Figure 21 : Exemple de stimuli pour la tâche de décision orthographique.....	183
Figure 22 : Scores (/45) de CP et Temps de réponses en CP (en ms) par groupe	200
Figure 23 : Scores (/15) obtenus en détection de rimes par les 3 groupes Entendants (E), Sourds Oralisants (S.Or) et Sourds Signants (S.Si) selon les conditions neutre (CPn), d'aide labiale (CPI) ou d'aide orthographique (CPo).....	202
Figure 24: Scores d'erreurs (PPL) et (NPPL) comparés pour chaque groupe	210
Figure 25: Comparaisons des scores de réussite en tâche de décision homophonique entre enfants entendant (E), sourds oralisant (S.Or) et sourds signant (S.Si)	213
Figure 26 : Scores d'EVA total (/150) entre les groupes	218
Figure 27 : Scores d'EVA RG (/100) entre les groupes	219
Figure 28 : Score d'EVA RP(/50) entre les groupes	219
Figure 29 : Configuration des lettres T et F en dactylologie.....	221
Figure 30 : Scores d'EVA RG par position (1 à 5) entre les groupes	223
Figure 31 : Scores d'EVA RP par position (1 à 5) entre les groupes	224
Figure 32 : Répartition des participants E, S.Or et S.Si en clusters	226
Figure 33 : Répartition en % des participants selon leur groupe linguistique dans chaque cluster lecteur (1 : fragile, 2 : habile, 3 : intermédiaire)	227
Figure 34 : Scores au test de CP/45 entre les 3 clusters lecteurs.....	229
Figure 35 : Scores en EVA total (/150) entre les 3 clusters lecteurs	231
Figure 36 : Scores en EVA RG (/100) entre les 3 clusters lecteurs	232
Figure 37 : Scores en EVA RP (/50) entre les 3 clusters lecteurs.....	232
Figures 38 et 39 : Scores moyens en mémoire de travail et en RAN (en s) de chaque cluster lecteur	233

Figure 40 : Scores moyens en LL (/50) de chaque cluster lecteur	234
Figure 41 : Répartition des enfants selon leur cluster d'appartenance et leur niveau de maîtrise de leur langue majoritaire	235
Figure 42 : Scores de CP (/45) et temps de réponse en CP (en ms) par groupe dans chaque cluster lecteur	236
Figure 43 : Scores de CP (/45) et temps de réponse en CP (en ms) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 1	237
Figure 44 : Scores de CP (/45) et temps de réponse en CP (en ms) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 2	238
Figure 45 : Scores de CP (/45) et temps de réponse en CP (en ms) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 3	239
Figure 46 : Scores EVA total (/150) par groupe dans chaque cluster lecteur	240
Figure 47 : Scores d'EVA RG (/100) et d'EVA RP (/50) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 1	241
Figure 48 : Scores d'EVA RG (/100) et d'EVA RP (/50) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 2	242
Figure 49 : Scores d'EVA RG (/100) et d'EVA RP (/50) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 3	243
Figure 50 : Score de CP des E, S.Or et S.Si dans chaque cluster lecteur.....	244
Figure 51 : Scores d'EVA total des E, S.Or et S.Si dans chaque cluster lecteur	244
Figures 52 et 53 : Répartition des lecteurs des clusters 1, 2, 3 selon leurs performances en CP et EVA et Répartition des lecteurs des clusters 1, 2 selon leurs performances en CP et EVA.....	245
Figure 54 : Scores moyens en mémoire de travail selon les groupes	252
Figure 55 : Temps moyens en dénomination rapide (RAN) selon les groupes	252
Figure 56 : Scores moyens en Lecture Labiale (LL) selon les groupes	253
Figure 57 : Illustration représentant la répartition des enfants selon leur niveau de maîtrise de la langue majoritaire dans chaque groupe.	253
Figure 58 : Diagrammes en chemins représentant les interactions majeures et significatives indiquées par le modèle en pistes causales n°2 pour chaque groupe	265
Figure 59 : Proposition de Modèle BRAID-Sourd	291

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des effets reproduits par les modèles computationnels d'apprentissage incident	52
Tableau 2 : Principales différences opposant les concepts d'EVP, EV et EVA.....	72
Tableau 3 : Pourcentage d'erreurs et d'auto-corrections réalisées par des enfants sourds selon leur profil en tâche de fluence de lecture de texte	143
Tableau 4 : Résumé des profils des enfants Sourds et Entendants à partir des réponses parentales et professionnelles aux questionnaires.....	163
Tableau 5 : Résultats des groupes E, S.Or et S.Si en Attention soutenue et QI visuo-spatial	164
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des étapes chronologiques des passations	166
Tableau 7: Scores et temps de décision des enfants Entendants (E), Sourds Oralisans (S.Or) et Sourds Signants (S.Si) en tâche de détection de rimes	199
Tableau 8 : Valeurs obtenues au test de comparaison par condition de CP pour les E-S.Si, S.Or-S.Si et E-S.Or.....	200
Tableau 9 : Scores et temps de décision des enfants Entendants (E), Sourds Oralisans (S.Or) et Sourds Signants (S.Si) selon les conditions d'aide labiale (CPI/15), d'aide orthographique (CPO/15) et sans aide (CPn/15) en tâche de détection de rimes.....	201
Tableau 10 : Valeurs obtenues au test de comparaison en Lecture Labiale, Orthographe et Seuil Auditif pour les E-S.Si, S.Or-S.Si et E-S.Or.....	205
Tableau 11 : Scores bruts d'erreurs PPL et NPPL en décision orthographique écrite par groupe d'enfants Entendants (E), Sourds Oralisans (S.Or) et Sourds Signants (S.Si)	209
Tableau 12 : Scores obtenus par chaque groupe sur l'épreuve totale de décision homophonique de PseudoMots.....	212
Tableau 13 : Scores global d'EVA (/150) et scores aux subtests Report Global (/100) et Report Partiel (/50) des enfants Entendants (E), Sourds Oralisans (S.Or) et Sourds Signants (S.Si).....	218
Tableau 14 : Scores EVA RG, RP, Séquences complètes (SQ_compl) et EVA total selon le groupe	222
Tableau 15 : Valeurs obtenues au test de comparaison aux subtests RG et RP et en Séquences Complètes pour les E-S.Si, S.Or-S.Si et E-S.Or	222
Tableau 16 : Scores d'EVA RG par position (1 à 5) entre les groupes	223
Tableau 17 : Scores d'EVA RP par position (1 à 5) entre les groupes.....	224
Tableau 18 : Résumé des profils d'enfants dans chaque cluster	227
Tableau 19: Résultats moyens des performances au test de CP entre les 3 clusters lecteurs (/45) ..	229
Tableau 20: Résultats des temps de réponses moyens au test de CP entre les 3 clusters.....	227
Tableau 21: Résultats des performances en EVA et aux subtests de Report Global (RG /100) et Partiel (RP/50) entre les 3 clusters lecteurs	230
Tableau 22 : EVA total en scores/5 par cluster lecteurs (1 : fragiles ; 2 : habiles ; 3 : intermédiaires)	231
Tableau 23 : Valeurs obtenues au test de comparaison en EVA RG et RP pour les clusters 1-2, 1-3 et 2-3.....	232
Tableau 24 : Scores moyens de chaque cluster lecteur en mémoire de travail, RAN et LL pour les clusters 1, 2, 3.....	233
Tableau 25 : Valeurs obtenues au test de comparaison en mémoire de travail et RAN pour les clusters 1-2, 1-3 et 2-3	233
Tableau 26 : Valeurs obtenues au test de comparaison en Lecture Labiale	234

Tableau 27 : Tableau de la répartition des enfants selon leur cluster d'appartenance et leur niveau de maîtrise de leur langue majoritaire.....	235
Tableau 28 : Scores CP (/45) et temps (ms) Cluster 1, fragile	237
Tableau 29 : Scores CP (/45) et temps (ms) Cluster 2, habile	238
Tableau 30 : Scores CP (/45) et temps (ms) Cluster 3, intermédiaire	239
Tableau 31 : Scores Cluster 1, fragile (EVA total, RG et RP)	241
Tableau 32 : Scores Cluster 2, habile (EVA total, RG et RP)	242
Tableau 33 : Scores Cluster 3, intermédiaire (EVA total, RG et RP)	243
Tableau 34 : Scores bruts en mémoire de travail (MW), dénomination rapide (RAN, en s), lecture labiale (LL, /50) et niveau de langue chez les enfants entendants (E), Sourds Signants (S.Si) et Sourds Oralisants (S.SOr).....	251
Tableau 36 : Table de contingence de la répartition des enfants selon leur niveau de maîtrise de la langue majoritaire dans chaque groupe d'enfants entendant (E), Sourds Oralisants (S.Or) et Sourds Signants (S.Si)	253
Tableau 37 : Corrélations entre les scores de lecture de mots (rcl_tot), l'EVA (eva_tot), la conscience phonologique (cp_tot), la mémoire de travail (MW), la dénomination rapide (RAN), la lecture labiale (LL), l'âge (Age) et le niveau de langue majoritaire moyen estimé (Niv_Lang) chez l'ensemble des participants (E, S.Or et S.Si).....	255
Tableau 38 : Tests ANOVA Omnibus dans le modèle linéaire établissant la significativité du lien entre le score de lecture de mots et les variables prédictives « EVA (eva_tot), Conscience Phonologique (cp_tot), mémoire de travail (MW) ; RAN (RAN), Lecture Labiale (LL) ; Niveau de langue majoritaire (Niv_Lang) et âge chronologique (age) »	256
Tableau 39 : Résumé de la comparaison des modèles de régression linéaires 1 à 5, portant sur la lecture de mots, les prédicteurs (sans le niveau de langue majoritaire) et l'effet du groupe d'appartenance chez l'ensemble des participants E, S.Or et S.Si.	259
Tableau 40 : Valeurs des intercepts dans le modèle en piste causales n°2	262
Tableau 41 : Résultats du modèle 2 en pistes causales à partir des données de conscience phonologique, EVA, lecture labiale et leur influence sur la lecture de mots.....	263
Tableau 42 : Résumé des principaux résultats des enfants E, S.Or et S.Si en CP et EVA selon le cluster de lecture (fragile, habile, intermédiaire)	272

Liste des abréviations

ASL	American Sign Language
CB	Code-Blending
CCV	structure syllabique Consonne-Consonne-Voyelle
CODAs	Child Of Deaf Adult(s)
CP	Conscience Phonologique
CSEN	Conseil Scientifique de l'Éducation Nationale
CVC	structure syllabique Consonne-Voyelle-Consonne
DGS	Deutsche Gebärdensprache (German Sign Language)
EVA	Empan Visuo-Attentionnel
EVP	Empan Visuel Perceptif
FS	Français Signé
HKSL	Hong Kong Sign Language
IPL	Indice de Potentiel Langagier
IPE	Indice de Potentiel Ecrit
L1	Langue première
L2	Langue seconde
LfPC	Langue française Parlée Complétée
LQH	Lexical Quality Hypothesis
LS	Langue des Signes
LSB	Langue des Signes Britannique
LSF	Langue des Signes Française
LSQ	Langue des Signes Québécoise
LV	Langue Vocale
LV1	Langue Vocale première
LV2	Langue Vocale seconde
PEV	Potentiels Evoqués Visuels
QSH	Qualitative Similarity Hypothesis
QDH	Qualitative Differential Hypothesis
SVR	Simple View of Reading
TLA	Two-Layer Associative
VWFA	Visual Word Form Area

Chapitre introductif : le contexte d'apprentissage de la lecture en cas de surdité

La surdité concerne 5% de la population mondiale (OMS, 2021). 40% des enfants sourds, en France, connaissent des difficultés d'apprentissage de l'écrit (Colin et al., 2021). En effet, si l'apprentissage de la lecture est un défi pour les enfants entendants, il l'est encore plus pour les enfants sourds. Les raisons de leurs difficultés sont multifactorielles et ne s'expliquent pas de la même façon selon les profils auditifs et linguistiques des enfants sourds. Les choix de scolarisation suscitent de profondes discussions (Gobet, 2023) et l'efficacité des différentes approches reste difficile à mesurer (Demers & Bergeron, 2019; Leigh et al., 2022). Ce chapitre introductif présentera le contexte d'apprentissage de la lecture des enfants sourds ainsi que les profils linguistiques des apprentis lecteurs sourds. Il pointera leurs modes de scolarisation et les façons variées dont ils entrent dans la lecture afin de s'adapter à leurs forces ou compenser leurs fragilités. Il ouvrira, enfin, vers les questions qui font l'objet de ce travail de thèse.

La façon dont sont scolarisés les enfants sourds correspond à un choix parental motivé par la langue ou les langues qu'ils souhaitent transmettre à leur enfant. Les méthodes d'enseignement varient également selon les orientations linguistiques choisies.

Dans le monde, Leigh et al. (2022), répertorient quatre types de programmes d'apprentissage principaux. Les programmes bilingues biculturels visent à développer simultanément la Langue des Signes (LS) et la langue écrite, tout en intégrant la culture sourde (García & Cole, 2014). La Langue Vocale (LV)¹ n'est pas acquise en classe. Les programmes bilingues bimodaux, similaires aux programmes biculturels, ils mettent cependant davantage l'accent sur la langue vocale. Ils enseignent les structures des deux langues et favorisent la communication entre pairs sourds et entendants. Ils visent à établir un pont entre LS-LV-écrit. Les programmes de compréhension se concentrent davantage sur la langue vocale et écrite, utilisant une approche de communication totale à l'aide de divers outils (lecture labiale via le *cued speech*², la parole, l'amplification, la dactylologie et des gestes). Les signes empruntés à la LS sont un soutien à la LV à travers une communication simultanée (pour une description voir Swanwick, 2016). En France, cela correspond au Français Signé³ (FS) dont l'usage

¹ Pour éviter toute confusion liée au terme "oral", nous nous référons à la modalité de transmission des langues : "Langue Vocale" (LV) pour désigner les langues exprimées vocalement, par opposition aux "Langues des Signes" (LS), exprimées visuellement.

² Le *cued speech* adapté en français sous la forme de la Langue française Parlée Complétée (LfPC) est une technique visant à préciser la lecture labiale. Elle est décrite en Annexe 1.

³ Le Français signé réfère à une technique (et non une langue) utilisant des signes de la LSF en superposition de la parole vocale, mais ne respectant pas la structure syntaxique de la LSF et fournissant un message visuel en inadéquation avec la LV (e.g. emprunté à Charlier (2020) « je vois les chevaux boire à la rivière » prononcé sera accompagné des signes « moi voir cheval boire rivière »).

serait à limiter aux temps de remédiation/rééducation pour ses impacts potentiellement négatifs sur l'acquisition des compétences linguistiques (Charlier, 2020). Enfin, les programmes oralistes postulent que les enfants sourds peuvent acquérir la langue vocale de manière similaire aux entendants, sans utilisation de signes ou de la LS. Ils se concentrent sur les compétences audiolinguistiques, la rééducation orthophonique intensive, et l'utilisation de systèmes d'amplification et de techniques de soutien à la lecture labiale ou d'outils technologiques visant à améliorer les perceptions auditives.

Chaque type de programme présente donc des objectifs et des méthodes distincts, reflétant des approches variées face à l'éducation des enfants sourds. On retrouve en partie ce type de programmes en France.

En France, la loi du 11 février 2005 sur « *l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées* » a permis la reconnaissance du statut de langue à part entière pour la Langue des Signes Française (LSF) et a profondément modifié les modèles de scolarisation des enfants sourds (Calin, 2005; Feuilladié et al., 2021; Tambone et al., 2021). D'après le rapport du CSEN (Colin et al., 2021), la scolarisation des enfants sourds francophones se divise entre des unités d'enseignement dépendant du ministère de l'Éducation Nationale et celles du ministère de la Santé. Le choix parental le plus fréquent est celui de l'inclusion individuelle de l'enfant dans des structures dépendant de l'Éducation Nationale. En effet, dans 73 % des cas, les élèves sourds sont intégrés dans des classes « traditionnelles » avec des pairs entendants, dans une approche oraliste. Ce choix majoritaire est probablement motivé par le fait que les enfants sourds naissent plus souvent de parents entendants (Vincent-Durroux, 2014). L'inclusion collective peut correspondre soit aux programmes bilingues biculturels ou bimodaux (LSF-français écrit, avec ou sans LV), soit à des parcours de développement du français vocal (avec Langue française Parlée Complétée (LfPC) ou LSF en L2). Les établissements relevant du Ministère de la Santé offrent, quant à eux, des parcours éducatifs et thérapeutiques variés, avec un développement majoritaire d'un bilinguisme LS et langue écrite (63 % des élèves). Seulement 25% d'entre eux utilisent la LV et 12% LV+ LfPC.

Il est courant que des enfants sourds changent de programme/projet au cours de leur scolarité, ce qui complique l'évaluation de l'efficacité de ces systèmes (Leigh et al., 2022). De plus, comparer les modes de scolarisation suppose que le niveau de maîtrise de la LS par les enseignants (sourds natifs pour certains mais plus souvent, entendants non natifs d'une LS) ou leur niveau de la LfPC soit homogène entre les différents projets comparés. Par ailleurs, ces comparaisons ne tiennent pas compte des différences individuelles entre les enfants, qui viennent de contextes culturels et linguistiques variés (e.g. bilinguisme vocal à la maison, parents sourds, etc.) (Colin et al., 2021). Cela explique en partie pourquoi les résultats des recherches en matière de réussite scolaire s'opposent : certaines études (les

plus nombreuses) mettent en avant l'importance de la maîtrise des compétences en langue vocale pour l'apprentissage de la lecture (Herman et al., 2017; Qi & Mitchell, 2012), tandis que d'autres soulignent l'effet positif des programmes bilingues et/ou de la maîtrise fluide d'une LS pour l'acquisition de la lecture (Allen & Morere, 2020; Hoffmeister et al., 2022; Hrastinski & Wilbur, 2016).

Les parcours scolaires diversifiés sont les témoins de l'hétérogénéité des profils linguistiques des enfants sourds mais aussi, de manière peut-être moins évidente, des méthodes choisies pour leur permettre d'entrer dans le français écrit. En nous inspirant du « *continuum du parler bilingue* » (Estève, 2011, p. 33) en vue d'éclaircir la variété de termes désignant la dominance linguistique, les langues, les locuteurs et leurs modalités de communication, les parcours scolaires etc., nous présentons ci-dessous un schéma résumant les principaux termes employés dans la littérature scientifique permettant de répondre aux questions « Qui sont les locuteurs sourds ? Quelles sont les langues qu'ils apprennent selon leur dominance linguistique ? ». Nous tenterons de redéfinir la terminologie des différents types de scolarisation, afin d'éviter certaines confusions sur la notion de bilinguisme en cas de surdité, en nous adaptant aux profils des enfants sourds et aux méthodes de lecture initiales utilisées, qui peuvent avoir un réel impact sur la dynamique d'évolution des acquisitions de lecture (voir Fig.1).

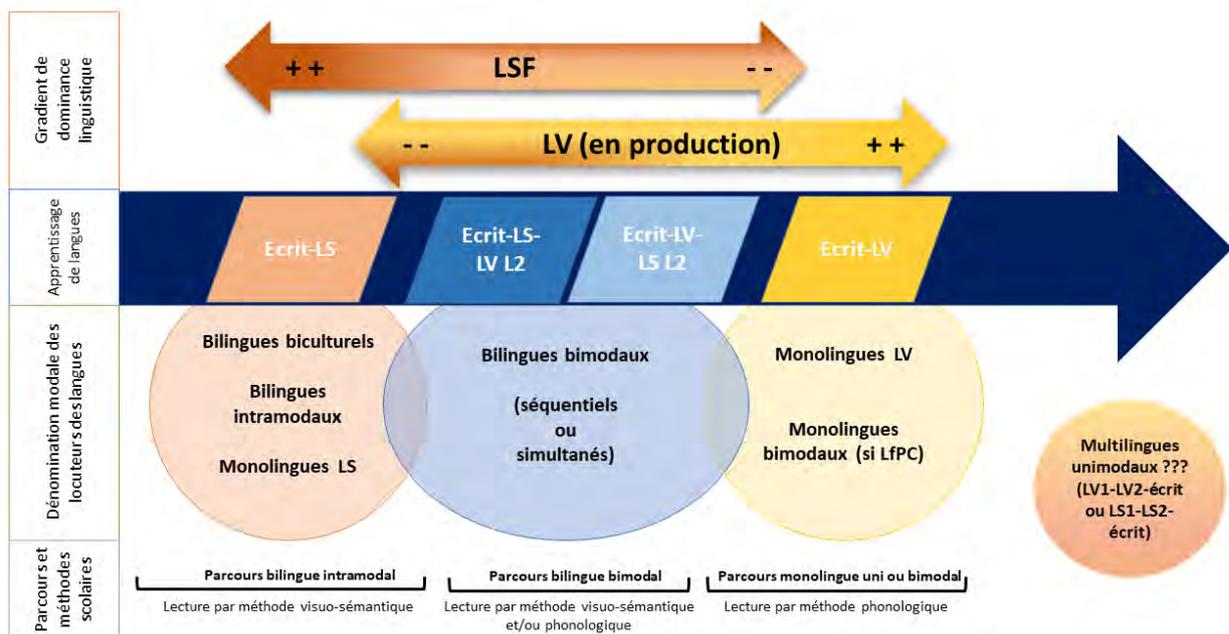


Figure 1 : Description des locuteurs sourds selon leur modalité de communication, leurs langues d'apprentissage, leur usage des langues et leurs parcours scolaires.

Ce schéma présente quatre niveaux terminologiques : celui lié à l'input linguistique, celui des langues apprises en classe, celui de l'enfant selon les langues qu'il pratique et celui de son parcours scolaire.

Le gradient de dominance linguistique est représenté sous forme d'un continuum propre à chaque langue selon son degré d'usage (de -- = « peu ou pas du tout » à ++ = « usage élevé »). Ce gradient ne signifie pas que l'enfant a une maîtrise élevée de la langue concernée mais qu'il utilise majoritairement cette langue au quotidien. **L'apprentissage des langues** correspond aux langues visées par l'apprentissage scolaire. Toutes visent donc l'apprentissage de l'écrit mais soit avec la L1 LS, soit avec la L1 LV, soit avec la LS et la LV (qu'elles soient l'une ou l'autre L1). **La dénomination modale des locuteurs des langues** correspond à la façon dont la littérature scientifique désigne le locuteur par sa modalité linguistique. Les locuteurs utilisant la LS et l'écrit uniquement (sans production de LV) sont ainsi désignés soit comme bilingues biculturels, bilingues intramodaux, bilingues diglossiques ou monolingues LS dans la littérature scientifique. Ceux qui utilisent la LV unique pour accéder à l'écrit sont désignés sous le terme de monolingues LV ou monolingues bimodaux (s'ils utilisent la LfPC). Enfin, les bilingues bimodaux correspondent aux enfants possédant une LV et une LS et entrant dans l'écrit soit à l'appui de leur LV (donc LS=L2), soit de leur LS (donc LV=L2). **Les parcours et méthodes scolaires** constituent notre proposition terminologique. En effet, à l'instar de Millet et al. (2008), notre but est de différencier le sujet bilingue, de la pratique bilingue car les termes « bilingue » ou « bimodal » peuvent parfois susciter des confusions. Nos lectures semblent dégager 3 parcours :

un « parcours bilingue intramodal » destiné aux enfants bilingues intramodaux/biculturels et aux enfants bimodaux dont la L1 est la LSF. Le bilinguisme et l'appartenance à une culture sourde sont mis en avant (Grosjean, 2010). Pour ces enfants avec peu ou pas d'accès à la langue sonore, l'entrée dans la lecture s'envisage à travers la linguistique contrastive entre la L1LS et le français écrit permettant l'accès à la compréhension via, entre autres supports, des situations de lecture interactive. Tominska (2011b) décrit les objectifs ainsi visés par ce type d'enseignement : 1/ Développement des capacités de traitement des structures linguistiques des textes/discours 2/ Développement des compétences métacognitives sur les langues enseignées et 3/ Développement des capacités d'analyse de l'écrit au niveau morphographique, lexicale, logographique, orthographique (la composante alphabétique s'ajoutant à cela dans le cursus bilingue bimodal alors qu'aucun apprentissage phonologique explicite de la langue sonore n'est donné dans le parcours bilingue intramodal). L'élève sourd n'est pas perçu comme un enfant « handicapé » qui doit compenser ses difficultés mais comme un membre d'une communauté culturelle qui s'intègre au monde avec sa propre langue. Il est un « apprenant visuel » et l'intégration est pensée dans un sens universel (Supalla et al., 2020). Cela suppose que l'identification des mots en lecture se réalise selon la fréquence d'exposition à l'écrit et via des stratégies visuo-sémantiques (Caldwell-Harris & Hoffmeister, 2022). La LV n'est pas enseignée.

A l'opposé, on trouve le « parcours monolingue uni ou bimodal » destiné aux enfants appareillés/implantés : monolingues LV, monolingues bimodaux (c'est-à-dire utilisant LV + LfPC) ou bilingues bimodaux dont la L1 est la LV. Pour ces enfants qui ont un accès à la langue sonore, l'entrée dans la lecture s'envisage à travers la maîtrise de la LV et le décodage suivant la même trajectoire développementale que les entendants. Cela suppose que l'identification des mots en lecture se réalise via, notamment, un travail explicite de la phonologie de la LV et des compensations visuelles prenant en compte l'importance de la LfPC (Leybaert et al., 2010). La LSF n'est pas enseignée.

Au milieu se situe le « parcours bilingue bimodal » destiné aux enfants ayant un accès auditif à la langue sonore via les appareillages ou implants cochléaires et qui sont bilingues bimodaux, que leur L1 soit la LS ou la LV. Ces enfants ont un accès variable à la LV ou la LS (selon la langue maternelle et le degré d'accès à la perception auditive). Les méthodes de lecture s'adaptent donc au cas par cas⁴ et selon les structures et les compétences de terrain. C'est dans ce parcours qu'on retrouve le plus de variabilité des pratiques (Leigh et al., 2022) selon la séquentialité ou la simultanité de l'introduction des LS et LV (avec ou sans LfPC), selon le co-enseignement séparé ou conjoint des adultes sourds et entendants, selon les temps et modes d'inclusion dans les classes « ordinaires ». L'approche la plus fréquente semble être celle de l'utilisation de la LSF en L1 s'accompagnant d'une entrée graduelle dans l'écrit (pour une discussion voir Swanwick (2016)) à laquelle peut s'ajouter ou non, une approche phonologique (*cued speech, visual phonics...*) ou multisensorielle (Miller et al., 2013; Van Staden, 2013) (soit le parcours bilingue intramodal ou le parcours bimodal selon nos définitions). En somme, il est encore difficile à l'heure actuelle de décrire ce parcours bilingue bimodal concrètement. Son principe repose néanmoins sur un apprentissage de l'écrit prenant appui sur les compétences phonologiques, lexicales et morphosyntaxiques des deux langues LS et LV.

Trois remarques sont à ajouter à ce schéma : La première est la « souplesse » du groupe d'enfants bilingues bimodaux qui peut, selon les profils linguistiques, aussi bien intégrer un parcours bilingue bimodal ou un parcours bilingue intramodal ou encore monolingue. Ce schéma rend ainsi bien compte des changements de parcours possible constatés sur le terrain. La seconde est que s'il est évident que la LfPC est un support essentiel au développement des capacités de la LV et de la langue écrite, elle est intégrée d'après le rapport du CSEN (Colin et al., 2021) comme un facteur de bimodalité chez les monolingues LV. Cependant, elle peut aussi être utilisée auprès de tous les enfants sourds. La question terminologique reste donc ouverte, par exemple, pour les bilingues bimodaux. Comment qualifier ces enfants bilingues bimodaux et utilisant la LfPC sans créer de confusions sur le type de bimodalité ? La

⁴ Soit par une méthodologie proche du parcours bilingue intramodal mais prenant en compte la phonologie et le principe alphabétique comme décrit par Tominska (2011a), soit par une méthodologie plus proche du parcours monolingue mettant au centre la LV et la phonologie pour l'apprentissage de l'écrit tout en conservant une méthodologie linguistique contrastive LV/LS/écrit (Roussel, 2013).

troisième concerne les enfants multilingues unimodaux (qui pratiquent deux LV ou deux LS) pour lesquels le parcours n'est pas spécifié car peu d'études portent sur de tels multilinguismes. Ils peuvent aussi bien les uns que les autres être qualifiés de multilingues unimodaux et certains peuvent aussi être multilingues bimodaux (e.g. langue vocale parentale non française / LV française et LSF). Le rapport du CSEN (Colin et al., 2021) évoque toutefois l'avantage pour les sourds multilingues en LV de l'utilisation du *cued speech*.

Les profils des enfants sourds, leur hétérogénéité et l'influence bidirectionnelle entre leurs langues et les parcours scolaires forment une part explicative de la variabilité de la réussite en lecture des enfants sourds. En outre, dans chaque parcours scolaire, les approches de la lecture sont différentes.

Les processus de lecture restent peu généralisables d'un individu à l'autre en raison de la variabilité des profils des enfants sourds. Herman et al. (2017) ont étudié la lecture de 59 enfants sourds utilisant soit l'anglais (LV) soit la Langue des Signes Britannique (LSB) par rapport à une population témoin entendante (n=82). La réussite en lecture était graduelle entre les 3 groupes : les entendants obtenaient des scores de lecture plus élevés que leurs pairs sourds oralisants eux-mêmes plus performants que les sourds signants. Un sous-groupe d'enfants sourds signants dont les deux parents étaient également sourds signants ont toutefois égalé les sourds oralisants. Ces résultats reflètent l'impact significatif de la précocité de l'input linguistique et de la qualité de la langue maternelle sur la lecture. Néanmoins, 48% des enfants sourds oralisants et 82 % des enfants sourds signants dans cette étude présentaient des difficultés en lecture, systématiquement accompagnées de retards de vocabulaire et de difficultés d'accès à la phonologie associées.

Ces chiffres sont à l'image de ce que retrouvent les études francophones. Ils rendent compte de la difficulté, pour les enfants sourds, à entrer dans l'apprentissage de l'écrit mais posent également la question de la « norme ». En effet, dans cette étude sont comparés des enfants qui n'ont pas les mêmes perceptions de la LV, ne pratiquent pas tous la même langue (LS vs. LV), évoluent dans des contextes linguistiques différents et n'apprennent pas tous à lire avec la même méthodologie. Il est donc attendu que leurs compétences langagières « orales » (LSF ou LV) et écrites ou cognitives ne suivent pas une même trajectoire développementale. Pour entrer dans la lecture, il est donc important d'observer les prédicteurs selon les langues et les profils auditifs des enfants sourds.

Chez les **enfants entendants**, la compréhension du langage oral et les compétences de décodage sont essentielles pour l'identification des mots écrits, selon la théorie de la *Simple View of Reading* (SVR) (Hoover & Gough, 1990). Le succès du décodage améliore l'accès aux représentations phonologiques et sémantiques, et contribue au développement d'un lexique orthographique, automatisant la reconnaissance des mots écrits. Plusieurs facteurs cognitifs, socio-économiques et linguistiques

influencent l'identification lexicale écrite. La conscience phonologique (la capacité à manipuler les unités phonologiques de la LV) se distingue comme un prédicteur central de la lecture de mots. En outre, l'Empan Visuo-Attentionnel (EVA) (le nombre de caractères distincts traités en parallèle durant une fixation oculaire) (Bosse et al., 2007) joue également un rôle majeur dans l'identification lexicale écrite.

Chez les **enfants sourds oralisants**, l'apprentissage de la lecture peut suivre un modèle similaire à celui des entendants, bien que des spécificités liées à la surdité s'ajoutent. Aucune étude n'a été menée sur l'EVA dans cette population. Enfin, chez les **enfants sourds signants**, des difficultés en lecture sont rapportées par les études scientifiques. Plusieurs hypothèses explicatives sont avancées et les moyens les plus adaptés pour permettre à ces enfants d'entrer dans la lecture sont discutés : les hypothèses langagière et bilingue, morphologique, visuelle ou phonologique (Girette, 2019).

L'hypothèse langagière et bilingue explique que l'usage de la LS a longtemps été limité dans l'enseignement, au profit de l'apprentissage de l'écrit via la langue vocale (LV). L'acquisition de la LV était souvent peu accessible aux sourds signants. Cela a conduit à un taux élevé d'illettrisme (Garcia & Derycke, 2010). De fait, pour apprendre à lire en cas de surdité, l'approche bilingue serait plus adaptée. La LS est ainsi considérée comme la langue « naturelle » des sourds et le français écrit, comme une langue seconde. Le bilinguisme s'envisage au sens LSF/français écrit, sans nécessité absolue de maîtrise de la LV. Les erreurs écrites des sourds comparables à celles des bilingues entendants et la corrélation entre compétence en LS et performance en lecture soutiennent cette hypothèse (Morford et al., 2019; Perini, 2013).

L'hypothèse morphologique met, quant à elle, l'accent sur l'importance pour l'acquisition de la lecture de mots, d'un accès aux unités sous-lexicales de l'écrit. Cependant, les unités phonologiques resteraient opaques pour les sourds. Ils sont en difficulté pour assurer les correspondances entre les graphèmes et les phonèmes. La morphologie, en revanche, étant visuelle et sémantique, comme l'est par essence la LS, permettrait une meilleure compréhension des composants d'un mot favorisant ainsi son identification (Berthiaume & Daigle, 2014; Girette-Bouchaud & Giraud, 2018; Trussell & Easterbrooks, 2017).

L'hypothèse visuelle souligne les processus visuels, attentionnels et oculomoteurs différents des sourds par rapport aux entendants leur permettant d'accéder à l'identification des mots sans recourir à la phonologie. Compte tenu de la caractéristique simultanée et visuelle de leur langue, les sourds en LS posséderaient des compétences visuelles uniques jouant un rôle essentiel dans l'apprentissage de l'écrit. Sans accès ou avec peu d'accès phonologique, la mémorisation visuelle participerait ainsi à la

génération du lexique orthographique, influencé par la fréquence lexicale (Bélanger, Baum, et al., 2012a; Caldwell-Harris & Hoffmeister, 2022; Niederberger, 2007; Niederberger & Prinz, 2005; Waters & Doehring, 1990). La reconnaissance d'un mot pourrait se construire par le « chaining » (ou « sandwiching ») qui correspond au fait de faire correspondre à un signe, un mot dactylographié et écrit (Padden & Ramsey, 1999).

A l'inverse, *l'hypothèse phonologique* suggère que la capacité à identifier des mots repose sur les processus de conversion grapho-phonémique que les lecteurs soient sourds ou non. Cet accès phonologique peut ainsi se réaliser par l'usage de systèmes d'apprentissage phonétique visuel, la LfPC et la lecture labiale (Kyle & Harris, 2011). De nombreuses recherches ces dernières années n'ont eu de cesse de s'opposer sur l'existence ou non de représentations phonologiques chez les lecteurs sourds en LS (Chamberlain & Mayberry, 2000; Costello et al., 2021; Gutierrez-Sigut et al., 2017; Ormel et al., 2010; Y. Wang et al., 2008).

La multiplicité des hypothèses témoigne probablement de la variété des profils linguistiques des enfants sourds en LS. Ceci explique que les prédicteurs favorisant l'identification lexicale écrite sont considérés comme dépendants de facteurs variés (accès des signeurs à la phonologie visuelle de la LV, degré d'usage et de maîtrise de la LS, ou encore type de méthode d'apprentissage de la lecture).

Objectif de la thèse

En nous situant dans le cadre des hypothèses phonologique et visuelle de la lecture, l'objet de ce travail de thèse consistera à interroger le poids des facteurs phonologiques et visuo-attentionnels, plus particulièrement de l'EVA, sur la lecture de mots écrits selon les profils d'enfants sourds.

Sur le plan théorique, quatre chapitres nous permettront de recenser, d'une manière la plus exhaustive possible, les mécanismes à l'œuvre pour l'acquisition de la lecture de mots chez les enfants entendants puis sourds.

Dans le premier chapitre, nous tenterons de comprendre les enjeux de l'apprentissage de la lecture de mots chez les enfants entendants. Nous décrirons les défis qui s'imposent à eux pour parvenir à entrer dans cette activité cognitive complexe qu'est la lecture. Nous présenterons ensuite les modèles de lecture à double voie et à voie unique les plus récents, afin d'expliquer l'accès lexical écrit avant d'établir les différents prédicteurs de la lecture de mots.

Dans le second chapitre, nous examinerons précisément deux des prédicteurs de la lecture de mots écrits chez les enfants entendants. D'abord, nous décrirons la conscience phonologique, son développement et les preuves de l'implication des processus phonologiques sur l'acquisition des représentations orthographiques. Ensuite, nous nous intéresserons aux processus visuels et attentionnels chez les enfants entendants avant de décrire plus spécifiquement l'EVA et les preuves de son implication sur l'identification lexicale écrite.

Dans le troisième chapitre, nous focaliserons notre intérêt sur la lecture chez les enfants sourds oralisants et signants. Nous décrirons à cette fin les difficultés majeures qui s'imposent à eux pour acquérir une langue maternelle et passer de la langue ainsi acquise à l'écrit. Nous nous appuierons sur les modèles spécifiques aux enfants sourds pour tenter de comprendre les différences entre entendants et sourds et entre enfants sourds selon leur(s) langue(s). Cela nous permettra de considérer ensuite les prédicteurs de la lecture chez les enfants sourds selon leurs profils auditifs et linguistiques.

Enfin, *le quatrième chapitre* théorique sera consacré au rôle des processus phonologiques et visuo-attentionnels dans la lecture de mots chez les enfants sourds selon leur(s) langue(s). Nous nous intéresserons aux unités phonologiques disponibles pour les enfants sourds et aux preuves qui confirment ou infirment l'implication des processus phonologiques comme base nécessaire au développement des processus lexicaux écrits. Sur le plan visuo-attentionnel, nous examinerons

l'impact du facteur cognitif EVA sur l'accès lexical écrits des enfants sourds. Nous verrons quelle influence peut avoir la réorganisation cérébrale sur l'attention visuelle et décrirons les compétences mnésiques visuelles séquentielles et simultanées développées par les enfants sourds. En l'absence d'étude sur l'EVA dans cette population, nous mettrons en lumière l'intérêt d'étudier cette aptitude pour l'identification des mots écrits chez les enfants sourds.

Cette première partie s'achèvera sur la problématique posée et les hypothèses interrogeant le poids des compétences phonologiques et visuo-attentionnelles dans la lecture.

Dans une seconde partie, nous développerons la méthodologie mise en place pour répondre à nos questions ainsi que nos résultats. Des discussions intermédiaires permettront d'affiner la compréhension des processus déployés par les enfants sourds et entendants au fur et à mesure des résultats obtenus.

Une discussion générale tentera de résumer les questions auxquelles ses travaux ont pu répondre, interrogera les limites de la recherche menée et ouvrira vers de nouvelles perspectives pour enrichir les connaissances scientifiques sur le thème de la lecture en cas de surdité.

Résumé du chapitre introductif

Ce chapitre introductif présentait le contexte d'apprentissage de la lecture et explorait les hypothèses qui sous-tendent cet apprentissage en cas de surdité.

*Deux orientations pédagogiques principales peuvent être proposées aux enfants sourds : Une scolarisation en **LV** basée sur l'acquisition du décodage et le développement de compétences phonologiques ou une scolarisation fondée sur le contraste entre **LSF** et écrit privilégiant une reconnaissance visuo-sémantique du mot écrit.*

***Les enfants sourds oralisants** suivent traditionnellement un enseignement proche de celui des entendants, en LV, basé sur des méthodes cherchant à développer l'accès phonologique à la lecture.*

***Les enfants sourds signants** (bi- ou intramodaux), suivent traditionnellement un enseignement en LS basé sur des méthodes contrastives entre LSF – écrit et accèdent aux mots écrits par reconnaissance directe forme/sens. Pourtant dans cette population, une certaine hétérogénéité des pratiques scolaires peut exister et de multiples hypothèses sont discutées pour donner les moyens les plus adaptés aux enfants sourds d'entrer dans la lecture. Parmi celles-ci l'hypothèse phonologique et l'hypothèse visuelle de la lecture retiennent notre intérêt.*

PARTIE I.

Cadre théorique

Chapitre I : Identification des mots écrits chez les enfants entendants

La lecture est une activité cognitive et linguistique complexe qui s'acquiert par un apprentissage explicite s'étalant sur de longues années permettant ainsi au lecteur débutant de devenir expert. Cependant, devenir lecteur ne tient pas uniquement à l'apprentissage en lui-même mais est conditionné également par une somme de compétences linguistiques et cognitives acquises en amont de cet apprentissage. Nous tenterons de décrire les « défis » que doivent relever les enfants entendants pour parvenir à cet apprentissage en commençant par l'impact du développement du langage puis les particularités du passage de l'oral à l'écrit. Nous nous appuyerons sur les modèles de lecture incluant l'auto-apprentissage pour décrire comment les lecteurs développent et accèdent aux représentations orthographiques des mots. Ces acquisitions sont elles-mêmes conditionnées par une somme de compétences que nous examinerons à travers les prédicteurs de la lecture de mots.

1. De l'oral à l'écrit

1.1. Développement phonologique

Le traitement des sons de la parole commence très précocement. Dès la vie intra-utérine, le bébé réagit à la parole humaine et particulièrement à la voix maternelle (Florin, 2000). A l'âge de deux mois, le nourrisson oriente son regard, commence à sourire et à faire des mimiques qu'il accompagne de gazouillis pour interagir avec son entourage. Ses productions sont limitées mais ses perceptions sont, en revanche, extrêmement développées.

Dès les premiers jours de vie, les nourrissons sont ainsi capables d'apprendre à classer les phonèmes en différentes catégories phonémiques même lorsqu'ils ne font pas partie de leur langue maternelle (Kuhl, 2004). Ils peuvent également très tôt comparer des séquences syllabiques et non syllabiques (Bertoncini & Mehler, 1981) ou repérer des variations intonatives (Nazzi et al., 1998). A partir de 8 mois, les enfants francophones deviennent plus sensibles aux contrastes consonantiques que vocaliques (Nazzi & Cutler, 2019). Le babillage canonique (alternance de la production de syllabes répétitives) apparaît à cette même période témoignant du va-et-vient constant entre ses perceptions et ses productions. Le babillage constitue ainsi une étape fondamentale avant l'arrivée des premiers mots. Il permet au bébé d'entraîner ses mouvements articulatoires bien que ceux-ci restent contraints par l'anatomie et le développement neurophysiologique (Stoel-Gammon, 2011).

Vers 12 mois, les nourrissons se spécialisent dans la reconnaissance des sons propres à leur langue maternelle, tout en perdant progressivement la capacité de distinguer les sons des langues auxquelles

ils ne sont pas exposés (Kuhl, 2010). Différentes hypothèses tentent d'expliquer ce phénomène. Selon l'hypothèse perceptive de Kuhl (1991, 2000), les sons prototypiques de la langue maternelle agissent comme des aimants, attirant les sons similaires (« magnet effect »). Ainsi, même si un son est légèrement différent d'un prototype, le bébé le percevra comme une variation de ce dernier, renforçant sa sensibilité aux sons de sa langue au fil du temps. Une autre hypothèse, d'ordre statistique (Pierrehumbert, 2001), suggère que les bébés mémorisent les sons en fonction de leurs caractéristiques acoustiques et les regroupent en catégories selon des critères probabilistes.

Ces processus de spécialisation phonologique se développent grâce à l'exposition au bain de langage et à la maturation cérébrale (Peña et al., 2012).

Ce répertoire phonologique spécialisé engage ainsi l'enfant à analyser plus finement les traits constitutifs des phonèmes de sa propre langue selon leur fréquence d'apparition (Léon & Léon, 2019).

Au niveau syllabique également, les nouveaux-nés sont capables de discriminer des pseudomots bi- et tri-syllabiques (ne se différenciant pas selon leur durée) (Bijeljac-Babic et al., 1993). Contrairement à d'autres langues, la syllabe est considérée comme une unité centrale en français car tout à la fois porteuse d'informations segmentales et prosodiques auxquelles les jeunes enfants sont particulièrement sensibles (Bertoncini, 2009; Nazzi et al., 2006). En grandissant, l'enfant deviendrait progressivement capable d'identifier ses constituants infrasyllabiques (attaque et rime, noyau, coda) naturellement, sans apprentissage spécifique.

Les habiletés à percevoir puis à manipuler les constituants phonologiques d'une langue ne relèvent pas uniquement de l'audition. En effet, la construction du répertoire phonologique d'un enfant s'appuie également sur d'autres modalités (Schwartz et al., 2002), notamment la modalité visuelle via la lecture labiale (Buchanan et al., 2020; Kyle & Trickey, 2024). L'importance de la lecture labiale sur la perception de la parole est largement prouvée (pour une revue Colin & Radeau, 2003; Mcgurk & Macdonald, 1976).

Sous les effets cumulés de ses perceptions phonologiques, visuo-labiales et de la répétition des gestes articulatoires, l'enfant pourra acquérir progressivement les principales règles de production phonologique (vers 2 ans) mais celles-ci ne seront parfaitement maîtrisées que plus tardivement (Boysson-Bardies, 1996). Les enfants mettent, en effet, plus de deux ans après leurs premiers mots à acquérir l'ensemble des phonèmes d'une langue, en raison de la complexité de l'articulation motrice, qui nécessite la coordination de nombreux muscles pour produire plusieurs cibles phonétiques par seconde. Dès 3 ans, des tâches de conscience phonologique (la capacité à percevoir, identifier, manipuler et réfléchir sur les syllabes/rimes/phonèmes de la langue) peuvent être proposées aux

enfants. Elles prouvent qu'ils perçoivent finement les unités phonologiques de leur langue (Treiman, 2017). Cette base phonologique est, dans tous les cas, déterminante pour l'acquisition du lexique et, plus tard, de la lecture.

1.2. Développement lexical

Le langage est un système dynamique dont le développement varie selon les individus, leur âge et est marqué par des phases critiques d'acquisition. Plus particulièrement, le système lexical est influencé aussi bien par des facteurs intrinsèques et qu'extrinsèques à l'individu (génétiques, cognitifs ou environnementaux) (Bassano, 2005).

Universellement, il existe des constantes dans l'acquisition lexicale. Ainsi, les premiers mots apparaissent vers 12 mois. Ils sont encore déformés phonologiquement mais deviennent petit à petit intelligibles grâce aux encouragements, réinterprétations des adultes et aux tâtonnements de l'enfant. Le vocabulaire se développe jusqu'à l'obtention d'un stock de 50 mots qui marque une explosion lexicale, aux alentours de 20 mois. Les premières productions tendent à se stabiliser dans leurs formes lexicales et sont d'abord essentiellement des noms (de personnes, d'objets du quotidien ou en lien les besoins du tout-petit et d'animaux comme leurs onomatopées). Quand le vocabulaire atteint 100 mots (vers 24 mois), les prédicats augmentent et ce n'est qu'entre 300 et 500 mots qu'apparaissent les mots grammaticaux. Vers 24 mois, les enfants commencent à accoler deux mots pour réaliser des phrases. A 36 mois, la plupart d'entre eux sont en capacité de produire la majorité des structures morphosyntaxiques de base appartenant à leur langue maternelle (Le Normand, 2005).

Outre les facteurs interculturels (type de mots acquis influencés par la langue et la culture voir Bassano, 1998), les facteurs psycholinguistiques de fréquence de l'input et de densité de voisinage phonologique influencent l'étendue du lexique. Les mots moins fréquents sont ainsi moins familiers pour l'enfant et acquis plus tardivement tout comme les mots possédant de nombreux voisins phonologiques (Kern & Dos Santos, 2011).

L'apprentissage formel de la lecture à partir de 6 ans redistribue la configuration du lexique et participe à sa progression avec 3000 nouveaux mots acquis chaque année lorsque les compétences de lecteur sont installées. La maîtrise des composantes morphémiques des mots de l'oral facilitera leur reconnaissance à l'écrit (Beyersmann et al., 2023). Toutefois, l'accès polysémique à ces mots n'est pas systématique et leur utilisation n'est pas toujours adaptée (David, 2000). L'accroissement du lexique dépend de l'expérience de lecteur : plus le lecteur lit, plus son lexique s'étend, mieux il comprend ce qu'il lit. Cet effet bidirectionnel appelé « effet Matthieu » contribue à expliquer les différences

interindividuelles observées en lecture chez les enfants (Stanovich, 2009). Le lexique progresse tout au long de la vie de l'enfant jusqu'à atteindre, à l'âge adulte, 60000 mots.

Ainsi, après avoir acquis les bases du langage oral durant les premières années, l'enfant doit faire face à un nouveau défi : le passage à l'écrit. Ce passage, loin d'être direct, mobilise des compétences spécifiques.

1.3. Difficultés pour entrer dans l'écrit

1.3.1. *Oral et écrit : une correspondance imparfaite*

Langues orale et écrite visent toutes deux à la transmission d'un message. La différence fondamentale entre elles est que la première s'acquiert de manière naturelle, implicite, par imprégnation. La seconde, en revanche, demande un apprentissage explicite, engageant la motivation et la maîtrise de l'oral. En effet, le français écrit n'est pas une stricte transcription du français oral. Ainsi, la langue orale est transmise dans l'interlocution, dans un contexte pragmatique, riche en indices non-verbaux ou visuels auxquels l'écrit ne permet pas d'accéder (e.g. « il l'a eu »). De plus, à l'oral, en cas d'incompréhension, il est toujours possible de demander un éclaircissement, ce que ne permet pas l'écrit (Sprenger-Charolles & Ziegler, 2024).

Sur le plan linguistique, les structures syntaxique, lexicale et phonologique de l'oral ne sont pas non plus équivalentes à celle de l'écrit. De nombreuses modifications marquent la variabilité de l'oral par rapport à la stabilité de l'écrit (e.g. troncation de la négation, absence de marquage audible sur les verbes, simplification ou d'absence de marqueurs morphologiques à l'oral, etc.) (Cappeau, 2016; Sprenger-Charolles & Ziegler, 2024). D'un point de vue lexical, la nature continue de la parole et les phénomènes de coarticulation, de liaisons, d'enchaînements ou d'enchâssements entraînent des modifications de la langue orale là où la langue écrite reste stable (Bagou & Frauenfelder, 2002). Cette « souplesse » de l'oral implique qu'une forme phonologique de mot connue à l'oral ne correspond pas systématiquement et strictement à la forme lue, ce qui peut freiner la compréhension du lecteur.

Enfin, concernant les unités phonologiques, la correspondance est également imparfaite entre le système graphémique et le système phonémique du Français (e.g. 2 graphèmes pour un phonème <ch> - /ʃ/ dans « chat » ; 2 phonèmes pour un graphème /dʒ/ dans « jazz »). Cette inadéquation grapho-phonémique n'est pas une spécificité francophone. Selon les langues alphabétiques considérées, le degré de correspondance grapho-phonémique varie. A titre d'exemple, l'anglais est considéré comme une langue très opaque avec plus de 1000 graphèmes codant pour 40 phonèmes et l'espagnol comme une langue transparente avec 45 graphèmes codant pour 32 phonèmes. Le français

se place à un degré d'opacité intermédiaire avec 130 graphèmes pour 36 phonèmes (Colé et al., 2012; Soum-Favaro et al., 2024).

De même, le degré d'opacité varie selon que l'on s'intéresse à la lecture ou à l'écriture. Ainsi, le français est plus opaque dans le sens de l'écriture que de la lecture (e.g. en finale de mot <o> ; <au> ; <eau> ; <ot> ; <os> ; <op> etc. correspondent au seul phonème /o/) (Ziegler, 2018).

Cette correspondance imparfaite entre les unités de l'oral et de l'écrit a une forte incidence sur l'apprentissage de la lecture de mots.

1.3.2. *Effet de consistance en lecture*

La consistance en lecture réfère à la variabilité des codes phonologiques correspondant à une même unité graphémique selon sa position dans le mot et selon sa taille (syllabe, attaque/rime, phonème, etc.). Pour illustrer cette variabilité, prenons un exemple avec le graphème <u> qui, pris isolément, se prononce, le plus souvent, /y/ comme dans « vue » mais aussi plus rarement /u/ comme dans « sushi » ou /œ/ comme dans « club » dans des mots issus d'autres langues. La complexité du système français est ainsi marquée par ses règles et ses exceptions liées à l'influence phonémique contextuelle, à l'histoire de la langue française ou encore à l'intégration de mots d'origine étrangère dans le lexique français. Ce degré de consistance (ou dirons-nous, d'inconsistance) a un effet direct sur l'apprentissage de la lecture dans les langues alphabétiques (Seymour et al., 2003). Il est ainsi plus difficile pour un apprenti lecteur français (langue relativement opaque) que pour un apprenti lecteur finnois (langue très transparente) d'apprendre à lire, par exemple.

Pour comprendre pourquoi le degré de consistance d'une langue peut influencer la lecture, il faut s'intéresser au mécanisme, privilégié par les lecteurs débutants, appelé décodage (Castles et al., 2018). Il s'agit de la capacité d'un lecteur à mettre en correspondance les unités graphémiques avec les unités phonologiques de sa langue lui permettant ensuite de déchiffrer des mots jusqu'alors inconnus à l'écrit (Marinelli et al., 2023; Sprenger-Charolles, 2012). Selon la « Grain Size Theory » (Ziegler & Goswami, 2005), le degré d'univocité des correspondances grapho-phonémiques, la disponibilité des unités (en lien avec le développement de la conscience phonologique) et la granularité de ces unités (les plus petites comme les phonèmes étant favorisées dans les langues régulières) influenceraient la capacité de décodage selon la langue considérée. Ziegler (2018) explique ainsi l'avantage des lecteurs Espagnols qui bénéficient fréquemment de l'association univoque des phonèmes avec les graphèmes de leur langue (e.g. « chat » - « gato » prononcé /gato/). A l'opposé, les Anglais, ne peuvent, bien souvent, pas réaliser ces associations 1 phonème/1 graphème compte tenu de l'opacité des correspondances (e.g. le mot « chevalier » - « knight » prononcé /nait/). Ces derniers privilégient donc des unités

phonologiques plus larges telles que la rime, la syllabe ou le mot entier. En d'autres termes, les mots dans les langues transparentes peuvent majoritairement être lus avec un petit grain visuel et phonologique, tandis que les mots dans les langues opaques, comme l'Anglais ou le Français, nécessitent un grain plus large. Par conséquent, les apprentis lecteurs d'une langue opaque mettent plus de temps à acquérir la lecture et commettent davantage d'erreurs car leur analyse des relations phonie/graphie se montre plus complexe.

Outre la consistance, la fréquence d'exposition aux mots est également une cause à la variabilité en lecture : les lecteurs lisent mieux les mots fréquents que rares et cet effet de fréquence semble avoir plus de poids que celui de régularité/consistance (Reichle, 2021).

1.3.3. Effets de fréquence et de lexicalité

30 à 40 % de la variance en lecture de mots serait expliquée par l'effet de fréquence (Brysbaert et al., 2016, 2018; Krause et al., 2024). Ainsi, les mots les plus fréquents seraient lus plus facilement et rapidement que les mots rares. En effet, les mots fréquents sont censés avoir déjà été rencontrés par le lecteur et leur sens devrait donc être déjà connu, contrairement aux mots rares. La fréquence des mots n'est donc pas sans lien avec celle de l'exposition aux mots et du stock lexical chez l'apprenti lecteur. Diverses preuves attestent de cet effet. D'abord, les études menées auprès de lecteurs bilingues montrent qu'ils sont plus sensibles à la fréquence des mots que les monolingues compte tenu de leur moindre exposition au vocabulaire de la langue seconde (Cop et al., 2015; Diependaele et al., 2013; Grainger et al., 2000; McArthur et al., 2024). Ensuite, les enfants présentant des difficultés de lecture seraient sensibles à la fréquence des mots et s'aideraient particulièrement de leur sens pour « combler » leurs difficultés sur les processus de lecture (Keenan & Betjemann, 2008). Les connaissances lexicales sémantiques et l'imageabilité des mots contribuent alors, positivement, à leur identification écrite (Ricketts et al., 2016; Steacy & Compton, 2019).

Cependant, chaque enfant est exposé différemment au lexique⁵, ce qui rend difficile de savoir si un mot est déjà connu pour un enfant donné. Pour compléter l'analyse de la fréquence, il est donc utile d'examiner comment les enfants lisent des pseudomots transparents (mots qui ne font pas partie du lexique d'une langue mais sont réguliers à l'écrit) par rapport à des mots réguliers (e.g. nalabe vs.

⁵ Des bases de données référencent le lexique dans différentes langues, pour adultes ou enfants, donnant la fréquence orale ou écrite, selon le contexte de production ou de lecture (livres, sous-titrages de films, médias internet, etc.) (e.g. Brulex (Content et al., 1990) ; Manulex (Lété et al., 2004) ; LEXIQUE (New et al., 2004) ; projet multilingue Papillon (Mangeot et al., 2003) ; anglais SUBTLEX-UK (Van Heuven et al., 2014) ; SUBTLEX-NL (Keuleers et al., 2010) ; Malay Lexicon Project (Yap et al., 2010) ; etc.). Ces ressources offrent des repères importants sur la fréquence des mots.

salade). Cette comparaison permet de vérifier le processus de décodage et de mesurer l'appui sur le lexique. Un effet de lexicalité (pseudomots lus avec moins de facilité que les mots du lexique) est alors attendu chez les lecteurs. Ainsi, Delahaie et al. (2007) ont étudié cet effet de lexicalité en comparant respectivement la lecture de mots réguliers/irréguliers à celles de pseudomots (appariés en complexité graphémique). 191 enfants normolecteurs (n=167) et faibles/très faibles lecteurs (n=24) entre le CP et le CE1 ont participé à cette étude. Les résultats ont montré, d'une part, que les lecteurs les plus faibles améliorent plus, au cours du temps, leurs compétences en lecture de mots réguliers que de pseudomots. D'autre part, les enfants les plus faibles lecteurs démontrent des scores sur les pseudomots (et non sur les mots) plus faibles que les normolecteurs (appariés en niveau de lecture). De ce fait, ces constats confirment que les connaissances lexicales de l'oral (inexistantes sur les pseudomots) peuvent être un appui pour l'identification de mots, notamment chez les faibles lecteurs décodant encore laborieusement.

L'accès aux mots écrits est donc dépendant de la langue orale pratiquée par l'enfant, de sa maîtrise et de l'étendue du lexique, du degré d'exposition aux mots (oral/écrit) et de la typologie des mots à lire, notamment de leur degré de régularité. L'ensemble de ces facteurs représente un réel défi pour les lecteurs débutants qui doivent mettre en correspondance les graphèmes avec les phonèmes puis accéder au sens. Ce décodage est donc au cœur même des hypothèses de lecture. En effet, selon l'hypothèse de la « *Simple View of Reading* » (SVR) de Hoover et Gough (1990) (voir aussi Hoover & Tunmer, 2018), l'acquisition de la lecture résulterait de l'équation entre la compréhension orale et le décodage. Les modèles d'identification de mots décrivent ce mécanisme fondamental permettant d'accéder à la reconnaissance lexicale.

2. Modèles de lecture pour l'identification de mots

Depuis le modèle précurseur en stades séquentiels logographique, alphabétique et orthographique de Frith (1985) et sa remise en cause par la théorie de l'auto-apprentissage (Share, 1995, 1999), des modèles à double voie de plus en plus perfectionnés, dynamiques, connexionnistes, fondés sur l'interaction des traitements phonologiques et orthographiques ont pris le relais pour expliquer les processus engagés dans la lecture de mots (Gombert et al., 1997; Perry et al., 2007). Les modèles actuels se sont inspirés des modèles conceptuels, en reprenant majoritairement le fonctionnement en double voie (Coltheart et al., 2001), et ont évolué vers des modèles computationnels de plus en plus sophistiqués qui simulent et précisent les mécanismes complexes, en jeu, pour l'acquisition de la lecture de mots. Une famille de modèles computationnels (modèles BRAIDS) se démarquent

cependant des autres, en décrivant une voie de lecture unique et flexible décrivant également l'accès phonologique et lexical, mais en s'appuyant sur les compétences visuo-attentionnelles des lecteurs.

Après un bref rappel de la théorie d'auto-apprentissage, nous présenterons ces modèles récents afin de mieux cerner le rôle des représentations phonologiques dans l'identification des mots écrits.

2.1. Théorie de l'auto-apprentissage

Share (1995) envisage une acquisition progressive des mécanismes de lecture via la transition entre une lecture sur un mode analytique/sériel (décodage des mots par conversion grapho-phonémique) chez l'apprenti lecteur vers une identification plus globale et directe chez le lecteur expert. Néanmoins, contrairement au modèle de Frith (1985), Share propose que cette transition ne soit pas dépendante d'un stade donné mais basée sur les compétences de décodage et sur la fréquence d'exposition aux mots (conception « *item-based* »). Ainsi, lors de la première rencontre avec un mot, le lecteur procéderait à une analyse sérielle de celui-ci (la conversion des graphèmes en phonèmes). Chaque décodage réussi permettrait ensuite de stabiliser les connaissances grapho-phonémiques mais également de renforcer la trace orthographique du mot lu, en mémoire. Dans ce concept, la capacité de codage phonologique et la fréquence d'exposition aux mots écrits sont donc centraux car ils favoriseraient la construction du lexique orthographique nécessaire à l'identification plus directe et automatique des mots lus. Le contexte pourrait favoriser la prédictibilité du mot mais de manière non systématique. C'est ce qui fait du principe de conversion grapho-phonémique « LE principe dominant » dans la réussite en lecture (Share, 1999).

De nombreuses études ont confirmé cette théorie en se basant sur l'apprentissage de mots nouveaux (Bosse et al., 2015; Bowey & Muller, 2005; pour une revue voir Li & Wang, 2023; pour le bilinguisme voir Schwartz et al., 2014; Tamura et al., 2017). Elles ont ainsi estimé la qualité des représentations orthographiques selon le nombre et les modalités d'expositions. Ces études indiquent qu'un nombre d'expositions suffisant aux mots (4 à 8, selon les études et l'opacité des langues) permet la rétention de la forme orthographique (Ginestet et al., 2020b; Nation et al., 2007). La représentation orthographique sera également plus stable dans le lexique mental si les rencontres se sont étalées dans le temps (plutôt que si elles ont été consécutives et rapprochées) ainsi que si les représentations orthographiques sont présentées en contextes variés (Bolger et al., 2008; Pagán & Nation, 2019; Wegener et al., 2023). Au-delà, ces recherches confirment la théorie de l'auto-apprentissage dans la mesure où les représentations phonologiques précèdent et favorisent l'apparition des représentations lexicales écrites (Li & Wang, 2023). En outre, la mémorisation des nouvelles formes orthographiques

demande différents temps d'exposition vers une mémorisation graduelle des représentations lexicales.

En résumé, la construction du lexique orthographique en mémoire serait, selon l'hypothèse d'auto-apprentissage, « *progressive, incidente et dépendante des traitements phonologiques* » (Ginestet, 2019, p. 9). Actuellement la plupart des modèles de lecture corroborent l'importance des processus phonologiques comme l'interaction des mécanismes décrits précédemment en décrivant une double voie de lecture : une voie phonologique dédiée au décodage et une voie lexicale dédiée à la reconnaissance automatique des mots lus.

2.2. Modèles de lecture à deux voies avec auto-apprentissage

Les modèles de lecture les plus consensuels mettent au cœur de l'auto-apprentissage les processus phonologiques. Ils reprennent la théorie de Share (1995) c'est-à-dire la reconnaissance « automatique » des mots en voie lexicale grâce à l'expansion du lexique orthographique, elle-même subséquente au décodage par voie phonologique. Les modèles à double voie les plus récents se distinguent des modèles plus anciens par leur nature « computationnelle ». Trois modèles de ce type retiennent particulièrement notre attention car ils intègrent la théorie de l'auto-apprentissage et tentent de décrire l'impact des mécanismes phonologiques sur la formation des représentations orthographiques des mots : les modèles de Ziegler et al. (2014), de Perry et al. (2019) et de Pritchard et al. (2018).

2.2.1. *Modèle PDST-CDP++ de Ziegler et al. (2014)*

Le « *Phonological Decoding Self-Teaching – Connectionist Dual Processing Model* » est un modèle connexionniste et computationnel de la lecture de mots, inspiré du modèle CDP (Perry et al., 2007) (Fig.2). Il reprend l'architecture en double voie interconnectées : une voie phonologique qui permet de lire des pseudomots, des mots réguliers rares ou fréquents grâce à un système de conversions grapho-phonémiques et une voie lexicale pourvue d'un lexique phonologique et orthographique. L'aspect novateur du modèle PDST-CDP++ réside dans la façon dont il simule l'apprentissage de la lecture en y intégrant la théorie d'auto-apprentissage à travers l'apprentissage implicite de nouvelles formes orthographiques.

Fonctionnement : le modèle PDST-CDP++ suppose d'abord que le lecteur débutant possède un lexique phonologique pourvu des mots connus à l'oral. Par ailleurs, le système phonologique est constitué d'un buffer (nommé « *Two-Layer Associative* » (TLA)) permettant d'assurer les correspondances

grapho-phonémiques. Le TLA est pré-entraîné explicitement mais sommairement aux correspondances grapho-phonémiques de base. A contrario, aucune forme orthographique n'est stockée dans le système orthographique.

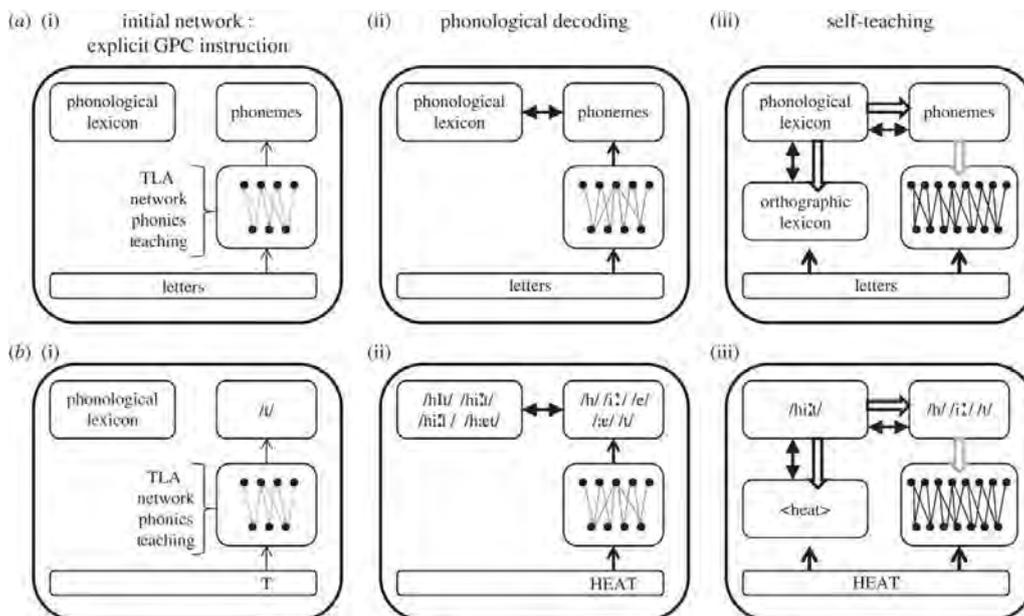


Figure 2 : Modèle PDST-CDP++ (issue de Ziegler et al., 2014)

(a,b) Illustration des mécanismes de décodage phonologique et d'auto-apprentissage dans le contexte du modèle CDP. Après un enseignement explicite initial sur un petit ensemble de correspondances graphème-phonème (GPC), par exemple T->/t/ (i), le réseau est capable de décoder des mots nouveaux, par exemple HEAT (ii), qui a une représentation préexistante dans le lexique phonologique. Si le mécanisme de décodage active un mot dans le lexique phonologique (ici, le mot correct /hi:t/ est plus actif que ses concurrents), une entrée orthographique est créée (<heat>) et la phonologie du "gagnant" (/hi:t/) est utilisée comme signal d'enseignement généré en interne (flèches grises) pour améliorer et renforcer les poids du réseau TLA (iii).

Lors de la présentation d'un mot nouveau, le TLA envisage les différentes probabilités de prononciation des graphèmes (par mise en correspondance d'un graphème avec un phonème) pour aboutir à la génération d'une forme phonologique du mot. Cette forme est comparée avec les formes déjà présentes dans le lexique phonologique. Le degré de ressemblance entre cette forme et les autres formes phonologiques des mots candidats potentiels détermine ceux qui sont activés. Néanmoins, chez le lecteur débutant et en l'absence de contexte spécifié dans le modèle, parmi tous les mots activés, seul le mot nouveau présenté sera reconnu et ce, uniquement si son taux d'activation est suffisant (dépassement d'un seuil relativement bas à 0.05). Autrement dit, aucune représentation orthographique de mot n'est ajoutée au lexique orthographique si le système d'apprentissage ne fonctionne pas c'est-à-dire si l'activation du mot nouveau ne dépasse pas un seuil permettant son identification et considérant qu'aucun des autres mots candidats activés ne sera reconnu à sa place. En revanche, dans le cas où l'apprentissage est possible (= seuil dépassé pour le mot nouveau), une représentation orthographique du mot reconnu est alors intégrée au lexique orthographique. Celle-ci est directement liée à sa représentation phonologique. Cette forme phonologique sera utilisée pour

réajuster et enrichir le réseau TLA et ainsi renforcer les connaissances du lecteur sur les correspondances grapho-phonémiques possibles.

Résultats principaux : 50000 présentations de 32735 mots ont permis 80% d'apprentissage de mots nouveaux, dont des mots irréguliers fréquents. Les erreurs pouvaient être rectifiées lors de rencontres ultérieures avec le même mot. La prononciation de pseudomots s'améliorait au fur et à mesure de l'apprentissage via l'enrichissement du réseau TLA. Enfin, la lecture était largement moins performante lorsque des perturbations phonologiques étaient incorporées au modèle que lorsque des perturbations visuelles y étaient intégrées. De ce fait, les auteurs confirment, à travers ce modèle PDST-CDP++, la théorie de l'auto-apprentissage et le poids des facteurs phonologiques pour l'identification de mots. Néanmoins, ce modèle échouait sur la reconnaissance d'environ 20% des mots nouveaux implémentés.

2.2.2. *Modèle de Perry et al. (2019)*

Reprenant le modèle de Ziegler et al. (2014) et le constat de 20% de mots nouveaux non reconnus, Perry et al. (2019) ont enrichi le modèle précédent en y ajoutant un mécanisme d'apprentissage explicite des formes orthographiques. L'intérêt de ce mécanisme est qu'un apprentissage explicite du mot nouveau puisse, en cas d'échec du décodage phonologique, prendre le relais par voie lexicale pour intégrer ce mot nouveau au lexique orthographique. Partant de ce modèle « perfectionné », Perry et al. (2019) ont cherché à rendre compte de la variabilité intersujets observée en lecture de mots réguliers, irréguliers et pseudomots chez des lecteurs dyslexiques ou non afin de mieux cerner les processus en jeu (Fig3).

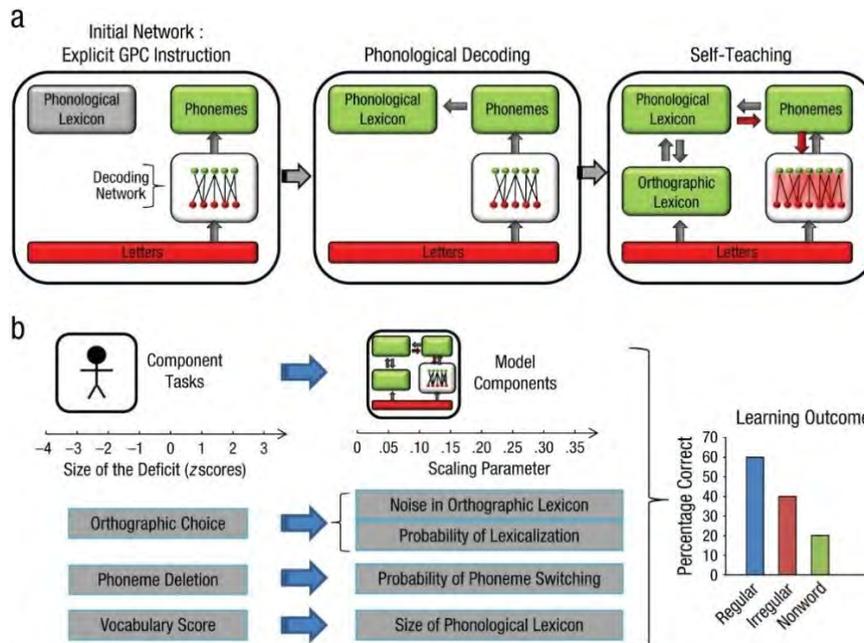


Figure 3 : Modèle PDST-CDP++ perfectionné (issue de Perry et al., 2019)

Schémas illustrant la manière dont un modèle informatique plausible du développement de la lecture peut être utilisé pour prédire les résultats de l'apprentissage. Après un enseignement explicite initial sur un petit ensemble de correspondances graphème-phonème (GPC), le réseau de décodage (a) est capable de décoder des mots qui ont une représentation préexistante dans le lexique phonologique mais pas de représentation orthographique. Si le mécanisme de décodage active un mot dans le lexique phonologique, une entrée orthographique est créée et la phonologie est utilisée comme un signal d'apprentissage généré en interne (flèches rouges) pour affiner et renforcer les connexions lettre-son, améliorant ainsi l'efficacité du réseau de décodage. Dans l'approche de simulation de déficit individuel (b), l'efficacité des différents composants du réseau de lecture peut être estimée individuellement pour chaque enfant ($N = 622$) grâce à la performance sur des tâches de composants qui correspondent directement aux composants du modèle. La performance de chaque enfant dans les trois tâches composantes est utilisée pour définir individuellement les paramètres du modèle afin de prédire les résultats d'apprentissage individuels.

Ils ont utilisé les données comportementales de 622 enfants (normo-lecteurs et dyslexiques) en vocabulaire, en conscience phonémique et en décision orthographique pour créer un premier modèle général. Ce sont ensuite 622 modèles computationnels (un par enfant) qui ont été créés, ceux-ci variant selon les paramètres inclus dans le modèle général : lexicaux (étendue du vocabulaire dans le lexique phonologique), phonologiques (conversion grapho-phonémique au sein du réseau TLA) et visuo-orthographiques (probabilité d'identification selon la qualité du décodage ou la connaissance explicite de la forme orthographique dans le lexique orthographique). Une première étape d'apprentissage de mots nouveaux pour chaque modèle a précédé une seconde étape de simulation de la lecture de mots réguliers, irréguliers et pseudomots.

La figure (Fig.3) ci-dessus présente donc les processus d'apprentissage de mots écrits chez l'enfant tout-venant en (a) (modèle général) et chez l'enfant présentant des difficultés d'apprentissage en (b).

En (a) : la constitution de représentations orthographiques et le renforcement des conversions grapho-phonémiques se produit sous l'effet du décodage et par l'activation des représentations phonologiques correspondant aux mots.

En (b) : Chaque déficit présenté par un individu sur les tâches de référence (choix orthographique / délétion phonémique / vocabulaire) est intégré au modèle général selon des calculs probabilistes (probabilités de lexicalisation et d'identification selon la qualité du décodage / probabilité de substitution de phonème(s) et selon l'étendue du vocabulaire). Pour chaque individu, une phase d'apprentissage de mots nouveaux puis une simulation de la lecture de mots selon leur régularité et leur lexicalité sont réalisées. Le modèle individuel établi, d'après ces variables, un résultat en performances de lecture de mots réguliers, irréguliers et pseudomots.

Résultats principaux : une forte corrélation entre les résultats computationnels et comportementaux en lecture de mots réguliers, irréguliers et pseudomots est retrouvée. Les modèles computationnels créés dans cette étude semblent donc rendre compte rigoureusement des résultats observés chez les lecteurs qu'ils soient ou non dyslexiques. En outre, le modèle computationnel est plus fidèle aux données observées chez les dyslexiques lorsque qu'il prend en compte un déficit multiple plutôt qu'un déficit unique (lexical ou phonologique ou visuo-orthographique). De ce fait, les auteurs confirment, à travers cette modélisation, la théorie de l'auto-apprentissage pour l'identification de mots chez les enfants normo-lecteurs comme chez des dyslexiques. Ils soulignent le poids des facteurs phonologiques mais modèrent son poids exclusif en cas de dyslexie, en montrant l'aspect multifactoriel du trouble.

D'autres modèles, comme le modèle ST-DRC (Pritchard et al., 2018), fournissent des informations importantes chez les lecteurs entendants, en intégrant à la fois les processus d'identification des mots, de leur prédictibilité et de la fréquence d'exposition.

2.2.3. Modèle ST-DRC (Self-Teaching-Dual Route Cascade) de Pritchard et al. (2018)

Ce modèle est un modèle connexionniste et computationnel de la lecture de mots, inspiré du modèle DRC (Coltheart et al., 2001) (Fig.4). Comme les modèles précédents, il reprend l'architecture en double voie : une voie phonologique et une voie lexicale. Il est très similaire au modèle PDST-CDP++ mais, contrairement à celui-ci, il intègre un paramètre de fréquence d'exposition et un paramètre de prédictibilité du mot liée à l'influence du contexte. Ces deux paramètres agissent conjointement sur la vitesse de récupération de la représentation phono-orthographique.

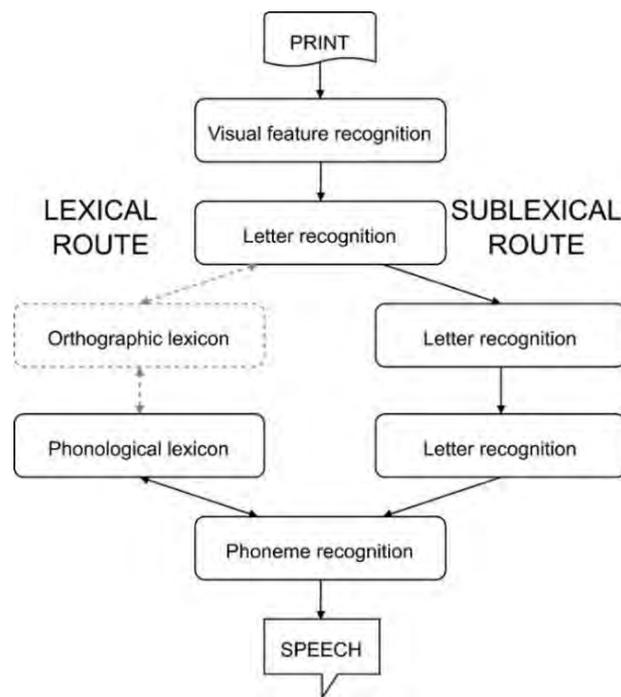


Figure 4 : Modèle DRC (issue de Pritchard et al., 2018) de la lecture à haute voix et de la reconnaissance des mots.

Fonctionnement : Chez le lecteur débutant, le modèle ST-DRC conçoit préalablement que :

- 1/ le lexique phonologique du futur lecteur est pourvu des mots connus à l'oral. Ce lexique phonologique est déconnecté du lexique orthographique, vide de toute forme chez le lecteur débutant.
- 2/ la voie de lecture phonologique (« sublexicale route ») possède un système de conversion grapho-phonémique pouvant varier selon quatre degrés d'expertise.
- 3/ les représentations sémantiques, reliées aux lexiques phonologique (intégrées dans cette version du modèle) et orthographique (non encore intégrées dans cette version du modèle), sont systématiquement activées quelle que soit la procédure engagée (phonologique ou lexicale).

Lors de la présentation d'un mot à lire, après identification des lettres constitutives du mot entier et de leur position fixe, un mécanisme de conversion grapho-phonémique (supposé expert dans la version basique du modèle) s'enclenche en voie phonologique. La forme phonologique ainsi obtenue par décodage active les représentations phonologiques déjà connues dans le lexique phonologique. Parmi les mots candidats, si un mot dépasse le seuil d'activation, il est décodé et reconnu dans le lexique phonologique. La procédure d'apprentissage lexicale peut se mettre en place soit en « *type-based* » lors de la première rencontre, soit en « *token-based* » si le mot fait déjà partie du lexique orthographique.

Si le mot est rencontré pour la première fois (apprentissage « *type-based* »), sa représentation orthographique est absente du lexique orthographique. Celle-ci est intégrée au lexique orthographique et reliée bidirectionnellement (via des connexions excitatrices) à sa forme phonologique, en prenant en compte un paramètre de vitesse d'apprentissage (fréquence=10) identique pour chaque mot nouvellement entré dans le lexique orthographique. Des connexions bidirectionnelles inhibitrices sont également créées entre la représentation orthographique mémorisée et les représentations phonologiques non choisies dans le lexique phonologique.

Si le mot est déjà présent dans le lexique orthographique (apprentissage « *token-based* »), lorsque celui-ci est présenté en entrée, le seuil d'activation de sa représentation orthographique va être dépassé et il sera ainsi indentifié directement en voie lexicale par le lecteur. Sa fréquence est alors augmentée de 10 à chaque exposition ce qui induit que la reconnaissance du mot s'accélère à chaque rencontre mais pas que sa forme orthographique soit pour autant modifiée ou précisée.

Parallèlement, l'influence du contexte est intégrée via un module sémantique (« *Simple Semantics* ») (Fig.5) correspondant à la quantité d'informations contextuelles disponibles et au degré d'ambiguïté du contexte.

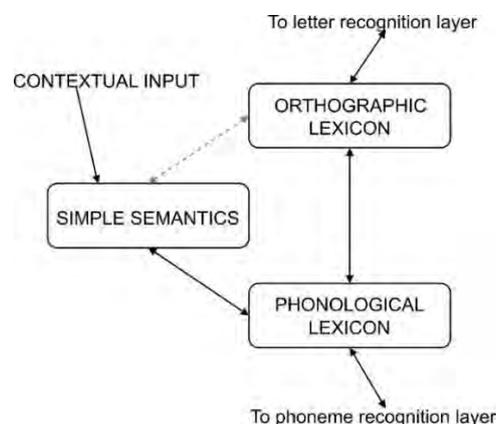


Figure 5 : Section de la voie lexicale du modèle ST-DRC (issue de Pritchard et al., 2018) comprenant une entrée basée sur le contexte via une simple couche sémantique. Les associations entre la couche sémantique et le lexique orthographique sont théoriques et ne sont pas encore modélisées dans le ST-DRC.

Plus l'activation de la représentation sémantique du mot est forte, plus sa représentation phonologique devient prédictible. Ainsi, ce module sémantique peut suppléer au décodage partiel en fournissant des informations contextuelles permettant l'activation d'une forme phonologique prédictible qui n'aurait pu être activée via le décodage seul. En d'autres termes, le module sémantique favorise la récupération de la forme phonologique en combinaison avec le décodage mais ne permet pas à lui seul la récupération de la forme phonologique.

Résultats principaux : 30220 présentations de 8017 mots et 7000 pseudomots ont été utilisées. Pour tester leur modèle, Pritchard et al. (2018) ont fait varier quatre paramètres psycholinguistiques afin d'être au plus près des conditions de lecture de mots : la fréquence des mots, la régularité des mots, la connaissance des règles de conversion grapho-phonémique et le contexte. Ainsi, le nombre de présentations par mot était adapté à chaque mot afin de rendre compte de l'effet de fréquence. De plus, les mots utilisés pour la simulation du modèle variaient en régularité (1359 mots irréguliers/8017 mots) afin de rendre compte de l'effet de régularité. Enfin, le degré d'informations sémantiques variait également pour rendre de compte de l'effet du contexte couplé à quatre degrés de maîtrise des conversions grapho-phonémique simulés.

Les résultats ont montré que le décodage et l'apprentissage lexical s'amélioraient à mesure que grandissaient les compétences de conversion grapho-phonémique. L'effet du contexte était plus fort pour une connaissance intermédiaire des règles de conversion grapho-phonémique que pour une connaissance faible ou très élevée de ces règles. De ce fait, le contexte bénéficierait plus aux lecteurs intermédiaires qu'aux faibles décodeurs ou aux lecteurs experts. Par ailleurs, la plupart des mots réguliers ont pu être appris par décodage, sans aide spécifique du contexte quand les mots irréguliers ont été mieux appris avec l'aide du contexte. Néanmoins, le modèle n'est pas parvenu à identifier correctement certains mots réguliers ou irréguliers quand il existait, pour ces mots, des homophones hétérographes (e.g. adapté en français : « **sept** » vs. « cet, cette, set, Seth, Sète »). De même, les mots irréguliers étaient régularisés par le modèle lorsque cette régularisation aboutissait à une autre forme phonologique préexistante (e.g. adapté en français : « **rhum** » dont la prononciation attendue est $\backslash\text{ʁ}\text{œ}\text{m}\backslash$ et que le modèle produisait comme « rhume » $\backslash\text{ʁ}\text{y}\text{m}\backslash$).

Les auteurs concluent que l'implémentation d'un effet de contexte couplé à un niveau de maîtrise des conversions grapho-phonémique variable dans le modèle ST-DRC tend à confirmer l'hypothèse d'auto-apprentissage de Share (Share, 1995).

Reichle (2021) explique que ce modèle rend compte d'un remarquable nombre de phénomènes comportementaux : dénomination écrite, décision lexicale, effets de lexicalité, effets de densité ou fréquence de voisinage orthographique, processus phonologiques, entre autres. En outre, la version

ST-DRC remédie aux critiques apportées au modèle précédent (DRC) quant à ses failles sur l'apprentissage de mots nouveaux et sur l'accès sémantique.

Pritchard et al. (2018) notent toutefois les limites actuelles du modèle ST-DRC en soulignant que celui-ci ne rend pas compte de l'aspect graduel de l'apprentissage lexical d'un mot puisqu'une seule exposition suffisait à sa mémorisation (contrairement à ce qu'ont montré les données comportementales). D'autre part, ils reconnaissent la sur-adaptation du modèle à la langue anglaise et suggèrent que la transparence des langues considérées puisse impacter les processus en jeu. Enfin, ils proposent des améliorations possibles du modèle par pondération de l'activation de certaines lettres selon leur emplacement dans le mot, en prenant en compte la possibilité d'auto-corrections au fur et à mesure de l'apprentissage et en utilisant le modèle afin de rendre compte des variations interindividuelles chez les normo-lecteurs.

D'autres modèles (les modèles à voie unique), intégrant la théorie d'auto-apprentissage, décrivent également l'importance des processus phonologiques mais ils soutiennent l'idée que les processus visuels et attentionnels sont à l'origine des mécanismes phonologiques et lexicaux. La série des modèles computationnels récents, les modèles BRAID (Ginestet, 2019; Phénix et al., 2018; Saghiran, 2021; Steinhilber, 2023), nous semblent particulièrement intéressants sur tous ces points de vue : ils détaillent les variables visuelles et attentionnelles et les inscrivent comme base de la reconnaissance des mots. Ils intègrent les composants lexicaux, phonologiques et contextuels ainsi que leurs interactions dans un modèle à voie unique. Enfin, ils apportent des preuves tangibles des fonctionnements suggérés à travers les modélisations testées, celles-ci corroborant les observations comportementales.

2.3. Modèles de lecture à voie unique avec auto-apprentissage

Les modèles de type BRAID (**B**ayesian word **R**ecognition with **A**ttention, **I**nterference and **D**ynamics) sont des modèles à voie unique trouvant leur origine dans un modèle connexionniste plus ancien, le modèle Multi-Traces Memory (MTM) (Ans et al., 1998).

Après un rappel du principe général du modèle MTM (Ans et al., 1998), nous passerons brièvement en revue les différents modèles BRAIDs pour concentrer notre propos sur le « dernier né » : le modèle BRAID-Acq (Steinhilber, 2023) car il s'agit du modèle le plus récent qui synthétise et améliore les modèles BRAIDs antérieurs.

2.3.1. *Rappel du principe du modèle MTM (Ans et al., 1998)*

Le modèle *Multi-Traces Memory* (MTM) (Ans et al., 1998) combine les notions d'attention et d'automatisation du modèle de Laberge et Samuels⁶ (1974) avec les aspects probabilistes de l'« Activation Interactive » de McClelland et Rumelhart (1981). Il considère que l'apprentissage de la lecture se fait par l'activation répétée de traces mnésiques à chaque rencontre avec un mot, ce qui renforce la reconnaissance orthographique et facilite l'apprentissage de nouveaux mots.

Contrairement aux modèles traditionnels à double voie, le modèle MTM (Ans et al., 1998) utilise une seule voie qui bascule entre un mode lexical, par défaut, et un mode analytique en cas d'échec du premier. Le mode de traitement dépend donc de l'auto-adaptation du système et non du type de mot à lire. Ce traitement est sous contrôle attentionnel via une fenêtre visuo-attentionnelle, qui s'agrandit avec l'expérience du lecteur (Valdois, 2010). Au début de l'apprentissage, cette fenêtre est plus réduite, ce qui impose une lecture séquentielle et analytique. Chez le lecteur expert, la fenêtre s'étend, permettant une lecture globale.

Résultats : Ce modèle a été implémenté au niveau computationnel avec une base de 13165 mots français et pseudomots. Il a montré sa capacité à rendre compte des effets de longueur sur les pseudomots et à fonctionner même avec un lexique orthographique très réduit, comme c'est le cas chez les lecteurs débutants (Valdois et al., 2009). Il est, par ailleurs, cohérent avec les observations comportementales soulignant la lenteur en lecture des pseudomots et des mots polysyllabiques (Juphard et al., 2006) ou avec les observations des compétences visuo-attentionnelles des lecteurs experts ou dyslexiques (Bosse et al., 2007).

Dans le modèle MTM, l'identification des mots repose sur des processus visuo-attentionnels, mais il ne néglige pas l'importance des processus phonologiques. La procédure analytique de lecture, qui permet l'auto-apprentissage et la création de traces mnésiques, nécessite les capacités phonologiques, essentielles à la fois pour l'apprentissage initial et le renforcement de la procédure globale (Share, 1995). Un trouble phonologique affecterait donc à la fois les procédures analytiques et lexicales (Valdois et al., 2009). Par ailleurs, les processus visuo-attentionnels jouent un rôle crucial : une réduction de la fenêtre attentionnelle limiterait la capacité à appréhender toutes les lettres d'un mot, rendant difficile la lecture directe par adressage. Un lecteur avec une fenêtre attentionnelle réduite resterait un lecteur lent, dépendant du décodage. Une réduction extrême de cette fenêtre pourrait même empêcher l'assemblage phonologique, rendant la lecture très difficile.

⁶ Voir en annexe 2 pour une description du modèle de Laberge et Samuels (1974)

En conclusion, ce modèle soutient la théorie de l'auto-apprentissage par une voie unique et flexible de lecture. Il attribue un poids important aux compétences phonologiques et visuo-attentionnelles pour le développement de cet apprentissage. De plus, il rend bien compte des variations interindividuelles grâce à son aspect auto-adaptatif des procédures de lecture, quel que soit le type de mots à lire. Cependant, il est critiqué car il remet en question l'hypothèse forte de la double voie et détaille peu les mécanismes d'activation des traces. En outre, il se concentre principalement sur les processus bottom-up (de la perception à la cognition), sans accorder suffisamment d'importance aux processus top-down (rôle des connaissances antérieures et du contexte notamment).

La prise en compte de certaines de ces critiques a amené à la création d'un nouveau modèle computationnel plus perfectionné d'identification de mots sur des bases visuo-attentionnelles, chez le lecteur expert, nommé « BRAID » (Phénix et al., 2018) ainsi qu'à une série d'extensions de ce modèle (Ginestet, 2019; Saghiran, 2021; Steinhilber, 2023). Nous reviendrons sur la chronologie et les points forts de chacun de ces modèles avant de proposer une description plus détaillée du dernier modèle BRAID-Acq. Celui-ci a été conçu dans le cadre des travaux de thèse de Steinhilber (2023), à laquelle nous empruntons en grande partie la description ci-dessous.

2.3.2. *Du modèle BRAID au modèle BRAID-Acq*

Les modèles BRAIDs reposent sur des fondements communs régis par 3 grands principes :

- 1/ Une architecture en couches constituée à minima d'un sous-modèle sensoriel, un sous-modèle perceptif, un sous-modèle lexical auxquels s'ajoute un sous-modèle visuo-attentionnel.
- 2/ Des modèles mathématiques probabilistes qui utilisent l'accumulation d'évidences (c'est-à-dire le cumul de preuves perceptives) pour optimiser l'apprentissage en ajustant l'attention (pour une approche différente selon le degré d'incertitudes, voir par exemple SOLAR⁷ (Davis, 2001)).
- 3/ Une approche probabiliste hiérarchique et l'inférence bayésienne pour simuler des tâches cognitives de lecture. Ainsi, ils permettent de rendre compte de la complexité et des interrelations des différentes composantes du processus de lecture, telles que les lettres, les mots, et les contextes visuels et attentionnels. Ils ne développent pas des modèles indépendants pour chaque traitement mais conçoivent un modèle unique capable de générer simultanément des solutions pour diverses

⁷ Pour une description d'un modèle lexical visuel comme SOLAR, voir Annexe 2.

tâches. Des variables mathématiques de cohérence sont utilisées pour s'assurer que les informations traitées restent cohérentes et intégrées à travers les différentes étapes du traitement.

Ces principes ont été incorporés au modèle initial puis aux extensions successives qui ont chacun apporté une contribution supplémentaire pour rendre compte des comportements observés en lecture experte et débutante.

Le modèle BRAID (Phénix et al., 2018) : Modèle probabiliste de reconnaissance visuelle des mots du lecteur expert, BRAID simule la perception et l'identification des lettres et des mots via un sous-modèle d'attention visuelle. Il est cohérent avec les données comportementales concernant les effets de fréquence, de contexte et de voisinage orthographique ou les effets de longueur en décision lexicale. Au niveau visuo-attentionnel, il reflète les effets de la distribution attentionnelle, de position optimale du regard (OVP) et les effets de *crowding* sur l'identification des mots.

Le modèle BRAID-Learn (Ginestet, 2019) : Extension du modèle BRAID initial, BRAID-Learn est un modèle probabiliste dit « hybride » qui simule essentiellement l'apprentissage orthographique via les trajectoires oculaires. Il intègre « *des mécanismes de détection de la nouveauté, de mise à jour des traces orthographiques et un algorithme d'exploration visuo-attentionnelle reposant sur un principe d'optimisation de l'accumulation d'évidences perceptives au cours du traitement* » (Steinhilber, 2023, p. 60). Il explique l'évolution des mouvements oculaires pendant l'apprentissage implicite (expositions répétées à des mots nouveaux) chez le lecteur expert et la réussite graduelle des performances des lecteurs en tâche de décision orthographique.

Le modèle BRAID-Phon (Saghiran, 2021) : Seconde extension du modèle BRAID, BRAID-Phon simule la lecture à haute voix indépendamment de BRAID-Learn. Il intègre un modèle d'attention phonologique en corrélation avec la distribution de l'attention visuelle et implémente un lexique phonologique. Ce modèle explique le rôle des mécanismes visuo-attentionnels dans la lecture à haute voix de mots et de pseudo-mots.

2.3.3. *Modèle BRAID-Acq*

Le modèle BRAID-Acq (Steinhilber, 2023) (Fig.6) : Dernière extension du modèle BRAID, BRAID-Acq synthétise les modèles précédents en simulant l'apprentissage de la lecture à travers des processus visuels, attentionnels, phonologiques et orthographiques, tout en intégrant l'influence du contexte. Il vise à décrire la théorie de l'auto-apprentissage et à refléter les diverses situations rencontrées par un apprenti lecteur à travers une voie unique auto-adaptative, selon les contextes. Il modélise ainsi les

stratégies alternatives, adaptées aux situations de lecture, tels que la connaissance préalable des mots à l'oral ou à l'écrit, en contexte ou hors contexte, la réussite ou l'échec de la prononciation du mot et ses effets plutôt que de se limiter à des processus se référant à la typologie des mots à lire (réguliers, irréguliers, pseudomots).

Ce modèle fournit ainsi une représentation riche et nuancée de l'apprentissage de la lecture en s'appuyant sur les modèles BRAID antérieurs. Il se compose de deux branches organisées en miroir (orthographique et phonologique) à partir d'une série de sous-modèles en interactions : Le sous-modèle sensoriel des lettres, le sous-modèle perceptif des lettres, le sous-modèle perceptif phonologique, le sous-modèle lexical, le sous-modèle perceptif des mots, le sous-modèle sémantique et le sous-modèle visuo-attentionnel. Le sous-modèle visuo-attentionnel étant à l'interface des autres sous-modèles nous le traiterons en dernier (pour une description des modèles mathématiques voir Steinhilber, 2023).

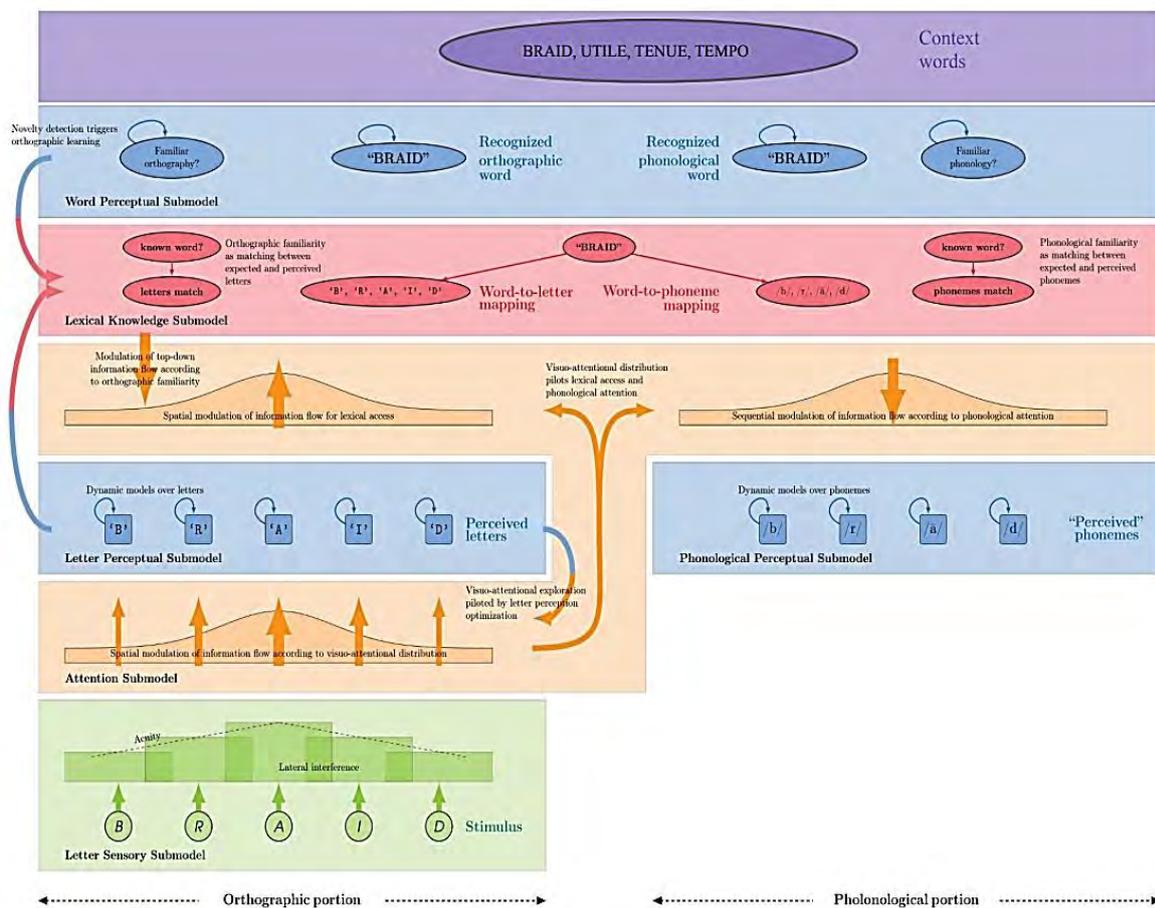


Figure 6 : Modèle BRAID-Acq (issue de Steinhilber et al., 2022)

Représentation du modèle BRAID-Acq et de chacun de ses sous-modèles (en vert: sensoriel, en bleu: perceptif, en rose: lexical, en violet: sémantique et en orange: visuo-attentionnel) répartis entre les branches orthographique et phonologique

Le sous-modèle sensoriel des lettres : Il correspond aux processus de bas niveau permettant l'identification des lettres modulée par un gradient d'acuité dépendant de la position du regard, de la similarité entre les lettres et de l'effet de *crowding*. Ainsi, l'information relative à la « prédiction » de chacune des lettres et de leur distance les unes par rapport aux autres est encodée à cette étape et peut être diffusée vers le sous-modèle perceptif des lettres, bien que nuancée par la quantité et la distribution de l'attention visuelle⁸.

Le sous-modèle perceptif des lettres : Si la quantité et la distribution de l'attention visuelle ont permis l'identification des lettres, celles-ci sont alors perçues et organisées au niveau du sous-modèle perceptif. Ce sous-modèle contient donc l'ensemble des lettres de l'alphabet (accents compris) possiblement utilisées dans la langue permettant de reconstituer la chaîne de lettres à identifier. Les informations issues du sous-modèle sensoriel peuvent à cette étape être combinées avec celles issues du sous-modèle lexical.

Le sous-modèle perceptif phonologique : Dans BRAID-Acq, le sous-modèle perceptif phonologique (issu de BRAID-Phon de Saghiran, 2021) est construit en miroir avec le sous-modèle perceptif des lettres. Le modèle inclut donc tous les phonèmes possiblement utilisés dans la langue, mais leur représentation est dépendante de l'étendue du lexique individuel. Ainsi, ce sous-modèle code l'ensemble des phonèmes perçus (pour un lexique considéré) sur une échelle temporelle, permettant d'ordonner les phonèmes.

Le sous-modèle lexical : pour chaque mot contenu dans le lexique mental du lecteur, ce sous-modèle lexical prévoit deux types de représentations possibles : une représentation orthographique (la suite de caractères correspondant à un mot) et/ou une représentation phonologique (la suite de phonèmes correspondant à un mot). Au niveau du lexique orthographique, une chaîne de caractères perçue ne correspond à un mot que si celle-ci est strictement identique à la chaîne du mot déjà connu, présent dans le lexique orthographique. Au niveau du lexique phonologique, de manière analogue à la reconnaissance orthographique, une séquence de phonèmes doit correspondre strictement à une séquence définie dans le lexique phonologique pour être considérée comme représentative d'un mot connu. Ces représentations orthographique et phonologique d'un même mot ne sont pas reliées, ce qui permet au modèle de garder une certaine flexibilité pour refléter les différentes situations de lecture (ex : mot connu à l'oral mais pas à l'écrit ou inversement, mot connu à la fois à l'écrit et à l'oral,

⁸ En ce sens, ce sous-modèle sensoriel est différent des modèles de codage des lettres basés sur la position avec bruit gaussien ou de ceux basés sur la position relative. Il tient compte des variables d'influence des lettres voisines (interférences latérales), de position du regard (acuité) et de la similarité des lettres. Il se montre donc plus flexible que les autres modèles car peut modéliser les interactions complexes lors de la reconnaissance des lettres.

mot connu dans aucune modalité). Par conséquent, les distributions de probabilité du sous-modèle sont adaptées et peuvent être codées sous des représentations « non définies ». Enfin, le modèle prévoit l'apprentissage progressif des traces orthographique et phonologique au fur et à mesure des expositions.

Le sous-modèle perceptif des mots : quatre modèles probabilistes temporels ont été implémentés dans ce sous-modèle perceptif des mots. Ils évaluent l'identité orthographique du mot (évalue si la représentation orthographique correspond à un mot connu par le lecteur), l'identité phonologique du mot (évalue si la représentation phonologique correspond à un mot connu par le lecteur), sa familiarité orthographique (indique le degré de familiarité du lecteur avec la forme orthographique du mot) et sa familiarité phonologique (indique le degré de familiarité du lecteur avec la forme phonologique du mot). Ce type de codage permet d'adapter la vitesse avec laquelle un mot est récupéré en mémoire (à court et long terme) en fonction de son degré de familiarité. En d'autres termes, le modèle tient compte du degré de familiarité et de la présence/absence des mots dans le lexique mental pour ainsi moduler la rapidité et l'efficacité de leur identification (phonologique et orthographique).

Le sous-modèle sémantique : il s'agit d'un modèle simplifié permettant d'attribuer un degré de probabilité à un mot selon la présence ou l'absence de contexte. En cas de lecture hors contexte, tous les mots reçoivent la même probabilité de sélection. Aucun mot n'est donc « favorisé ». En revanche, en situation contextuelle, lorsque le modèle considère un mot comme étant connu soit à l'oral soit à l'écrit, ce mot est inclus dans le contexte sémantique. Cela signifie qu'il bénéficie d'une probabilité accrue d'être sélectionné par rapport aux autres mots du lexique. Si le mot n'est connu ni à l'oral ni à l'écrit, il est alors exclu du contexte sémantique, et sa probabilité de sélection est identique à celle des autres mots hors du contexte.

Le sous-modèle visuo-attentionnel : l'attention est centrale dans les modèles BRAID. Dans BRAID-Acq, son action est étendue par rapport aux modèles précédents. Ainsi, l'attention agit comme un pont entre la perception sensorielle des lettres et leur identification visuelle, la conversion en représentations phonologiques et l'accès aux représentations lexicales des mots. En dirigeant le traitement du stimulus visuel d'entrée, l'attention facilite ainsi le traitement cognitif nécessaire à la reconnaissance et à la compréhension des mots écrits.

Deux paramètres attentionnels sont implémentés dans le modèle : la distribution gaussienne de l'attention et sa quantité. D'une part, la distribution de l'attention dépend de la position du focus attentionnel (la quantité d'attention est plus élevée autour du point de fixation et diminue à mesure qu'on s'en éloigne) et de la dispersion de l'attention (correspondant à l'étalement spatial de l'attention : plus l'attention est concentrée, étroite, plus un petit nombre de lettres peut recevoir de

l'attention). Ces deux paramètres peuvent varier dans le temps reflétant ainsi la mobilité du focus attentionnel sur le stimulus. D'autre part, le modèle intègre également un paramètre de quantité d'attention correspondant aux ressources attentionnelles disponibles pour le traitement du stimulus dans les branches orthographique et phonologique. Plus la quantité d'attention disponible par position est élevée plus l'accumulation d'évidences perceptives sera rapide sur chaque position. C'est donc conjointement, la distribution gaussienne de l'attention visuelle et la quantité d'attention qui rendent compte, dans le modèle BRAID-Acq, de la quantité d'évidences perceptives diffusées du sous-modèle sensoriel au sous-modèle perceptif et de la rapidité et de l'efficacité du traitement perceptif phonologique et des lettres.

Enfin, une dernière particularité du sous-modèle visuo-attentionnel est la prise en compte de l'opacité de langue considérée ou, plus précisément qu'à un phonème ne correspond pas systématiquement un graphème. En effet, en Français, la correspondance grapho-phonémique n'est pas univoque. Pour tenir compte de ces particularités linguistiques selon les langues, le modèle BRAID-Acq évalue, à l'aide d'une prédiction mathématique basée sur le lexique utilisé, les positions phonologiques attendues et celles des lettres adjacentes. Ainsi, il détermine la position phonologique optimale et ajuste l'attention phonologique en conséquence.

Résultats : A partir de mots tirés aléatoirement de la base Lexique (New et al., 2004), 4 simulations principales ont été effectuées. Elles ont montré que le modèle :

1/ était capable de lire des mots nouveaux en l'absence de connaissances explicites des correspondances grapho-phonémiques. Le taux de prononciation correcte s'élevait à 75.1% hors contexte et à 78.1% en contexte. Par ailleurs, les erreurs réalisées par le modèle étaient cohérentes avec celles observées chez les lecteurs en début d'apprentissage (segmentation de bigrammes, régularisations, quelques lexicalisations).

2/ était capable de s'adapter à des situations de lecture ambiguës rencontrées pour lire des mots nouveaux. L'apprentissage orthographique incident de mots nouveaux par association avec une forme phonologique préexistante a été réussi par le modèle en couplant les informations contextuelles et la prononciation approximative initiale.

3/ rendait bien compte de l'effet facilitateur de la connaissance de la forme phonologique et de l'effet facilitateur du contexte sur la lecture et l'apprentissage de mots. Le contexte semble particulièrement déterminant si, et seulement si, des erreurs de prononciation ne rendent pas la production trop éloignée de la cible phonologique.

4/ rend compte partiellement de l'inconsistance graphémique et de l'opacité de la langue. Les résultats sont nuancés sur ces deux points par l'auteure. En effet, les mots inconsistants sont moins bien prononcés par le modèle que les mots consistants mais beaucoup d'entre eux sont toutefois bien lus. D'autre part, un effet de l'opacité sur l'apprentissage de mots lus en anglais a été trouvé par rapport au français et à l'allemand. En revanche, aucune différence sur l'apprentissage de mots lus entre le français et l'allemand n'a été retrouvée alors que le français est réputé plus opaque (certes, moins en lecture qu'en transcription) que l'allemand.

La qualité de ce modèle computationnel se traduit par la reproduction de nombreux comportements observables en lecture. Ainsi, BRAID-Acq suggère l'importance des composantes visuo-attentionnelles dans la reconnaissance de mots et introduit « une alternative » à la lecture par double voie en proposant un modèle flexible, à voie unique tout aussi fidèle à la réalité et performant que les modèles consensuels « traditionnels ». (Tab.1).

	ST-DRC	PDST-CDP++	BRAID-Acq
Décodage d'un lexique entier	X	X	X
Apprentissage d'un lexique entier	X	X	
Apprentissage de mots irréguliers	X		X
Lecture de pseudo-mots	X	X	
Effet de la présence du contexte	X		X
Effet des paramètres du contexte	X	X	X
Effet de la connaissance orale			X
Effet de l'opacité de la langue			X
Effet du niveau de connaissances	X		X
Erreurs possibles	X		X
Effet d'une erreur sur l'apprentissage		X	X
Pathologie / dyslexie		X	

Tableau 1 : Synthèse des effets reproduits par les trois modèles computationnels d'apprentissage incident (issu de Steinhilber, 2023) entre le modèle ST-DRC (Pritchard et al., 2018), le modèle PDST-CDP++ (Ziegler et al., 2014) et le modèle BRAID-Acq (Steinhilber, 2023)

Son aspect novateur et singulier réside dans le fait qu'il se distingue des modèles à double voie par sa voie unique mais se distingue aussi de la plupart des modèles par ses spécificités visuelles et attentionnelles. Ainsi, contrairement aux modèles à double voie, BRAID-Acq définit un traitement parallèle des informations phonologiques et orthographiques sans recourir à une voie sous-lexicale indépendante. Ensuite, il envisage les traitements sous-lexicaux comme succédant à des processus lexicaux. Enfin, il propose une adaptation dynamique des processus via l'attention, ce qui en fait un modèle beaucoup plus flexible. Il se démarque aussi des modèles en Triangle (McClelland & Rumelhart, 1981), aux chemins de traitement distincts et séquentiels, par son approche simultanée des interactions entre modalités orthographiques, phonologiques et sémantiques. Il n'est pas non plus équivalent aux modèles analogiques puisqu'il ne dépend pas d'unités psycholinguistiques spécifiques comme ces derniers.

BRAID-Acq met au centre de son fonctionnement l'attention, dont la quantité dévolue aux étapes sensorielle et perceptuelle conditionnera le passage au traitement lexical. La quantité d'attention visuelle disponible pour les traitements d'entrée serait mesurable à travers l'Empan Visuo-Attentionnel (défini comme la quantité d'unités orthographiques distinctes traitées en parallèle durant une fixation oculaire d'après Bosse et al., 2007). De ce fait, l'EVA serait la source des traitements ultérieurs, phonologiques et non-phonologiques. Il devrait donc avoir un lien particulier avec la lecture.

Les modèles présentés fournissent une description précise de la manière dont un mot est identifié. Toutefois, ce processus d'identification repose sur de nombreuses variables. Certaines d'entre elles participent de manière importante à l'identification lexicale des mots et constituent des facteurs prédictifs de la réussite en lecture de mots. C'est pourquoi, nous proposons de répertorier les prédicteurs principaux de l'identification des mots.

3. Prédicteurs de l'identification des mots écrits

Comme nous l'avons évoqué très brièvement dans le chapitre précédent, de nombreux facteurs cognitifs et linguistiques sont impliqués dans l'identification des mots écrits : Conscience Phonologique (CP), EVA, vocabulaire, Dénomination Rapide Automatisée (ou Rapid Automated Naming, RAN) ou mémoire. Parmi ces prédicteurs, la conscience phonologique et l'EVA semblent posséder le poids le plus fort pour prédire la réussite en reconnaissance de mots écrits.

3.1. Conscience phonologique

La conscience phonologique est « *l'aptitude à percevoir, produire et se représenter la langue orale comme une séquence d'unités et de segments comme la syllabe, la rime, le phonème* » (Zorman, 1999, p. 142). Elle concerne les unités sonores de la langue mais est complétée par les compétences de lecture labiale, elles-mêmes prédictives de la lecture chez les enfants entendants (Buchanan et al., 2020; Kyle & Trickey, 2024). Elle apparaît comme un fort prédicteur de la lecture bien que corrélée à d'autres compétences linguistiques et cognitives. Dans les langues alphabétiques, un grand nombre de recherches confirment son impact majeur sur la reconnaissance des mots écrits (Catts et al., 2015; Goswami & Mead, 1992; Melby-Lervåg et al., 2012; Wagner & Torgesen, 1987). C'est probablement le prédicteur qui fait le plus consensus dans la littérature scientifique mais aussi le prédicteur le plus étudié.

EVA et conscience phonologique s'inscrivent de manière différentielle selon les modèles à voie unique ou à double voie auxquels nous nous sommes référés dans ce chapitre. Aucun ne conteste l'implication de la conscience phonologique. C'est le poids de cette compétence par rapport à celui de l'EVA que discutent les modèles à voie unique.

3.2. EVA

L'Empan Visuo-Attentionnel (EVA) correspond à « *la quantité d'unités orthographiques distinctes que l'on peut traiter en parallèle dans un stimulus complexe au cours d'une seule fixation* » (Bosse et al., 2007, p. 1). L'EVA est relié aux performances en lecture de mots et pseudomots dans différentes langues alphabétiques et non alphabétiques (Bosse et al., 2009; Chen et al., 2019; Lallier et al., 2018; Van Den Boer et al., 2013; Zoubrinetzky et al., 2016) ainsi qu'à la vitesse de lecture (Valdois, Roulin, et al., 2019). Chez les enfants dyslexiques, un déficit unique de l'EVA est retrouvé dans 18% des cas (Valdois et al., 2021).

Toutefois, l'EVA est beaucoup moins mis en avant dans les études que la conscience phonologique qui semble un prédicteur plus « consensuel » de l'identification des mots.

3.3. Autres prédicteurs

3.3.1. Vocabulaire

D'après l'hypothèse de la « simple view of reading » (Gough & Tunmer, 1986), deux compétences sont nécessaires pour apprendre à lire : le décodage et l'accès à la compréhension. En ce sens, le vocabulaire joue un rôle crucial puisque les connaissances lexicales du lecteur lui permettent de comprendre les mots décodés. Dès les premières années d'apprentissage, les compétences en lecture de mots et en vocabulaire interagissent et se renforcent mutuellement (Killingly et al., 2024). On estime qu'un lecteur de textes, autonome, accède à 8 000-9 000 familles de mots (Nation, 2006). La connaissance du vocabulaire et la compréhension orale sont, à ce titre, des prédicteurs essentiels de la compréhension de la lecture et de la reconnaissance des mots chez les lecteurs débutants. En outre, le nombre de mots connus joue un rôle moteur dans les acquisitions du lecteur débutant (Castles et al., 2018; Murphy, 2018).

3.3.2. *Dénomination rapide automatisée*

La vitesse de dénomination (nommée Rapid Automated Naming, RAN) est considérée comme un prédicteur universel de la lecture de mots dans la mesure où celle-ci indique la rapidité avec laquelle les associations entre les formes visuelles et verbales de mots sont récupérées que la langue soit alphabétique ou non alphabétique (Furnes & Samuelsson, 2011; Landerl et al., 2019, 2022; Yang et al., 2020, 2024). Le RAN influence de manière unidirectionnelle la lecture et notamment dans les langues opaques (Araújo, Reis, et al., 2015). Il est relié, à la fois, aux capacités de décodage, d'accès lexical aux mots écrits et à la vitesse à laquelle ils sont identifiés (Powell & Atkinson, 2021; Vander Stappen & Reybroeck, 2018).

3.3.3. *Mémoire de travail*

La mémoire de travail (Baddeley, 2000) est à la base de nombreuses activités cognitives. Elle joue un rôle particulièrement important dans le développement des compétences en lecture car elle permet aux individus de maintenir et gérer en mémoire les mots lus tout en accédant à la compréhension de textes. En outre, elle influence la conscience phonologique qui sous-tend elle-même le décodage. Elle se compose d'un système supérieur de contrôle et de sous-systèmes « esclaves ». L'administrateur central gère l'attention. Les sous-systèmes se composent de la boucle phonologique (stockage des informations phonologiques, répétition articulatoire), du calepin visuo-spatial (traitement des informations visuelles et spatiales) et du buffer épisodique (pont entre les informations visuelles et auditives, intégration des informations en mémoire à long terme). Le caractère « multi-composants » de la mémoire de travail impacte donc la lecture à plusieurs niveaux.

L'administrateur central semble jouer un rôle important dans l'acquisition précoce de la lecture, tandis que la mémoire de travail verbale est davantage impliquée dans les performances de lecture ultérieures, à partir du CM1 (Peng et al., 2018). En revanche, chez les enfants en difficulté de lecture, la mémoire de travail évolue moins au fil de l'apprentissage comparativement aux lecteurs plus performants car le stockage de l'information est retardé (Corbin et al., 2012). Ce phénomène n'est pas uniquement dû à une limitation de la mémoire phonologique à court terme, mais également à des déficits dans le contrôle de l'attention liés aux processus exécutifs de la mémoire de travail (Gathercole et al., 2006; Swanson & Jerman, 2007).

Enfin, la mémoire de travail semble prédire la qualité de la lecture des mots chez les enfants dyslexiques, en raison de sa relation avec la conscience phonologique (Knoop-Van Campen et al., 2018). Son impact serait plus marqué sur la compréhension de la lecture, tandis que les compétences

phonologiques, notamment la conscience phonémique ou rimique, expliqueraient mieux les performances en lecture de mots (Demont & Botzung, 2003; Gathercole et al., 1991). Castles et al. (2018) relativisent également l'influence directe de la mémoire de travail sur la lecture en soulignant l'absence d'efficacité de son entraînement sur la compréhension de lecture.

En conclusion, le défi de l'identification des mots écrits est immense pour les apprentis lecteurs entendants. Le développement du langage oral, le manque de correspondance entre l'oral et l'écrit mais aussi les processus cognitifs et mécanismes d'acquisition de la lecture sont complexes. Nous avons présenté deux grands types de modèles de lecture. Les premiers, les modèles à double voie, envisagent les processus phonologiques comme centraux et uniques. Les seconds, les modèles à voie unique proposent une entrée plus flexible dans la lecture, fondée sur des processus visuo-attentionnels expliquant les bascules des lecteurs entre processus lexicaux et phonologiques. La conscience phonologique et l'EVA apparaissent comme des prédicteurs mais leur poids respectif reste discuté. Nous tenterons dans le chapitre suivant de collecter les preuves explicatives de leur implication sur la lecture de mots.

Résumé du chapitre I

Ce premier chapitre présentait les défis qui s'imposent aux enfants entendants pour identifier des mots écrits et acquérir la lecture.

Avant même de savoir lire, le futur lecteur accumule, naturellement et progressivement, une somme de compétences liées au développement et à la maîtrise de sa langue orale. L'écrit lui demandera, en revanche, un apprentissage explicite long et complexe.

Les capacités orales conditionneront la réussite du lecteur pour appliquer les mécanismes de décodage, pour comprendre le mot lu. De plus, la langue écrite est marquée par des mots dont la typologie varie selon leur degré de consistance/régularité, selon leur fréquence et leur lexicalité qui complique l'accès à leur reconnaissance.

Les modèles de lecture computationnels actuels sont perfectionnés et décrivent avec un haut degré de précision les mécanismes fondamentaux qui sous-tendent l'identification de mots et les variables qui les influencent. Parmi ces modèles, nous avons présenté deux familles principales :

Les plus consensuels, les modèles à double voie mettent au centre de l'apprentissage le décodage soutenu par la conscience phonologique. C'est uniquement par ce biais que le lecteur parviendrait à construire ses représentations orthographiques de mots et à les reconnaître automatiquement.

Les seconds, les modèles à voie unique, proposent que le mécanisme de lecture soit plus flexible car s'adaptant aux situations alternatives de lecture analytique ou directe. Ils reposent sur des compétences visuo-attentionnelles qui permettent ces bascules d'un processus à l'autre. La reconnaissance automatique des mots dépendrait du nombre d'expositions à ceux-ci mais aussi de l'étendue de l'EVA qui conditionnerait l'accès lexical. Il serait, au même titre que la conscience phonologique, un fort prédicteur de la lecture.

Chapitre II : Rôle des processus phonologiques et visuo-attentionnels sur l'identification de mots chez les enfants entendants

Aucun modèle aujourd'hui ne peut prétendre expliquer parfaitement la lecture de mots. Tous présentent un intérêt en ce qu'ils aident à construire de nouvelles connaissances scientifiques qu'ils soient computationnels ou conceptuels (Phénix et al., 2016). Les modèles qui intègrent l'auto-apprentissage à travers une double voie mettent, l'accent sur l'importance des processus phonologiques et ne décrivent que sommairement les premières étapes visuelles du traitement des mots écrits. Ces étapes de traitement visuel sont pourtant fondamentales, non seulement comme première étape vers l'identification de mots, mais également en raison de leur potentielle interaction à tous les niveaux supérieurs de traitement. Pour mesurer le poids des facteurs phonologiques et visuels sur l'identification de mots, nous consacrerons ce chapitre aux rôles respectifs des processus phonologiques et visuo-attentionnels sur la reconnaissance lexicale écrite en focalisant notre intérêt sur deux prédicteurs essentiels : la conscience phonologique et l'EVA.

1. Rôle des processus phonologiques

Les compétences phonologiques se développent à travers des habiletés non intentionnelles et intentionnelles des unités phonologiques (Gombert, 2018).

En effet, avant même l'apprentissage explicite de la lecture, les enfants sont capables de manipuler les unités phonologiques inconsciemment, implicitement. Ce traitement dit « épiphonologique » va coexister avec un traitement dit « métaphonologique » (traitement conscient et intentionnel des unités phonologiques) lié à l'apprentissage explicite et requérant un entraînement (Gombert, 2018). Ces capacités métaphonologiques et épiphonologiques participent ensemble à l'accès au langage écrit.

La conscience phonologique représente ainsi un acte explicite de manipulations des unités phonologiques d'une langue. L'enfant ne manipule pas ces unités avec la même facilité selon son âge et celles-ci n'ont pas toutes le même poids prédictif sur la lecture de mots.

1.2. Unités phonologiques et lecture

1.2.1. *Phonologie et taille des unités*

La conscience phonologique est dépendante de la taille de l'unité traitée. Les locuteurs sont d'abord sensibles aux unités les plus larges (comme la syllabe) puis à des unités de plus en plus petites (comme l'attaque et la rime, et enfin, le phonème) (Anthony & Francis, 2005). Cependant, une certaine variabilité dans cette sensibilité à la taille des unités est observée selon le type de tâche demandée et selon le type de langue pratiquée.

Le principe de développement général des unités larges vers des unités étroites est modulé par le type de tâche demandée faisant appel à des processus plus ou moins explicites et complexes. Ainsi selon Treiman (2017) :

- **La segmentation des syllabes en attaque-rime** est réussie chez des prélecteurs. Elle est réalisable par des enfants dès 3 ans si des images sont utilisées en support et dès 5 ans sans support d'images, notamment dans des tâches de détection d'intrus (e.g. décider d'un intrus non rimant parmi 3 mots, voir Bryant et al., 1990). D'autres tâches comme la comparaison de paires de mots rimants/ non rimants ou la décision de rime en choix forcé (e.g. Quel mot rime avec beau ? plot ou pain ?) peuvent être utilisées auprès d'enfants précocement. La génération de rimes par l'enfant s'avère une tâche plus complexe que les précédentes.

- **La segmentation des clusters d'attaque** reste complexe même chez des enfants lecteurs débutants. Ils sont, par exemple, capables de percevoir le phonème /o/ dans /blo/ mais n'arrivent pas à identifier que l'attaque est composée de deux phonèmes /b/ puis /l/. Ces difficultés spécifiques sur les groupes consonantiques sont présentes chez les enfants dès l'âge de 5 ans mais régressent largement à 7 ans. Toutefois, une grande variabilité est constatable selon le type de tâche demandée car le jugement de similitude phonologique (e.g. blo-bol / blo-bla) paraît plus aisé que la déletion du phonème initial (e.g. blo -> lo) ou que la substitution phonémique dans un cluster d'attaque (e.g. blo -> plo).

- **La segmentation de la rime en phonèmes** est plus complexe que l'identification de la frontière attaque-rime chez des enfants prélecteurs. La réussite est dépendante de la complexité de la structure syllabique (CVC ou CCV / structure de la rime en noyau + coda). Diverses tâches peuvent être utilisées comme des tâches de substitution phonémique (modification des phonèmes de la rime vs. des unités composant la rime) ou de jugement (décision d'intrus selon la structure de la syllabe). Par exemple, il est possible de tester les compétences des enfants au niveau de la coda, en décision d'intrus parmi des stimuli du type « lard-phoque-pique » (les deux derniers stimuli partageant une coda identique). Sur

le même principe, il est possible, de tester le noyau avec des stimuli comme « canne-cape-corps » (les deux premiers partageant un noyau identique).

Evaluer un large spectre de compétences phonologiques (la syllabe, la rime et le phonème) semble un moyen fiable de balayer les différentes composantes de la conscience phonologique. Lecocq (1991) va plus loin et précise, comme Treiman (2017), que la mesure des compétences de conscience phonologique doit prendre en compte les tailles d'unités mais aussi le type d'opération cognitive attendue (identification, catégorisation, segmentation, etc.).

Actuellement, les recherches tiennent compte de ces facteurs pour évaluer la conscience phonologique et proposent également de nouvelles modalités d'évaluation dynamique (c'est-à-dire évaluer non seulement les items réussis mais aussi, via un score graduel, l'amélioration des performances sur les items échoués lorsqu'ils sont aidés d'indices) apportant des informations plus fines sur la prédiction à venir des compétences en lecture (voir par exemple Gellert & Elbro, 2017).

La variabilité constatée à la sensibilité de la taille des unités est également modulée selon les langues considérées. En effet, la vitesse d'acquisition et la maîtrise des habiletés phonologiques varient selon les propriétés des langues orales (Anthony & Francis, 2005; Defior, 2004). Dans les langues avec des structures syllabiques simples, la conscience syllabique est acquise plus tôt. En revanche, dans les langues avec des attaques complexes, les enfants développent une meilleure maîtrise de ces structures. Ces différences à l'oral influencent également l'apprentissage de la lecture, selon la "Grain Size Theory" (Ziegler & Goswami, 2005), qui souligne l'importance des unités phonologiques hiérarchiques (syllabes, rimes, phonèmes) et des caractéristiques phonémiques en fonction de leur position dans la syllabe.

S'il est nécessaire d'évaluer précisément les multiples compétences phonologiques, elles n'ont pas toutes le même statut prédictif pour la lecture.

1.2.2. *Pouvoir prédictif sur la lecture selon les unités phonologiques*

La conscience phonologique prédit les compétences de lecture dans les langues transparentes comme opaques. Dans les langues transparentes, les lecteurs débutants s'appuient davantage sur les phonèmes, car la correspondance entre lettres et sons est plus régulière. Dans les langues opaques, en revanche, les lecteurs peuvent utiliser des unités plus larges, telles que la syllabe ou la rime, pour compenser l'irrégularité des correspondances grapho-phonémiques, bien que la conscience phonémique reste essentielle pour le décodage (Goswami et al., 2005; Ziegler, 2018).

Toutefois, la prédictivité des unités selon leur taille évolue au fil de l'apprentissage. L'unité rimique est, par exemple, fortement prédictive des compétences de lecture tardives (CE2-CM2) dans les langues transparentes (Bryant et al., 1990; Gathercole et al., 1991; Goswami, 1999; Goswami & Bryant, 1992; Wimmer et al., 1994). Dans les langues opaques, la sensibilité à la rime et aux phonèmes explique conjointement la variabilité dans la lecture de mots (Leybaert et al., 2004; Nation & Hulme, 1997), bien que les compétences phonémiques expliquent souvent une plus grande part de variance en raison de leur rôle fondamental dans le décodage.

En Français, la question de la taille de l'unité psycholinguistique à prendre en compte pour établir les premières connexions entre le langage oral et écrit a mené à la proposition du modèle « *Developmental Interactive Activation Model with Syllables* » (DIAMS) (Doignon-Camus & Zagar, 2014). Ce modèle repose sur l'idée que les premières relations entre l'écrit et l'oral se construisent via un "pont syllabique", reliant les lettres aux syllabes correspondantes. L'hypothèse du pont syllabique suggère que la saillance et la disponibilité précoce des syllabes phonologiques favorisent, via l'écrit, l'acquisition de la conscience phonémique et le décodage. Une récente étude de Vazeux et al. (2020) confirme, à ce titre, l'efficacité d'un entraînement syllabes-graphèmes par rapport à un entraînement phonèmes-graphèmes pour le décodage. L'identité entre la syllabe phonologique et écrite permettrait, progressivement, aux apprentis lecteurs de découvrir des unités plus petites comme les phonèmes.

D'autres recherches postulent que bien que la syllabe et la rime soient des unités saillantes sur lesquelles les lecteurs francophones peuvent s'appuyer, leur stratégie de lecture dépend également de la fréquence d'exposition aux unités visuelles (Mathey et al., 2013). Pour des séquences graphémiques rares, les lecteurs privilégieraient la conversion grapho-phonémique, alors qu'ils utiliseraient plus fréquemment des stratégies analogiques avec des séquences plus familières (Brown & Deavers, 1999). Dans la même idée, la « rigidité » des résultats obtenus dans les études interlangues expliquant des stratégies chez les lecteurs débutants selon la saillance du grain phonologique de leur langue est critiquée par Steinhilber (2023). D'après l'auteure, ils minimisent le fait qu'un lecteur d'une langue transparente peut aussi utiliser des stratégies à plus large grain au cours de ses acquisitions de lecture. Elle indique que le grain visuel (nombre de lettres ou graphèmes traités visuellement comme une unité) pourrait être plus pertinent que le grain phonologique. L'idée ainsi défendue est que le grain visuel pourrait varier indépendamment du grain phonologique, suggérant que les lecteurs adaptent leur stratégie en fonction de la complexité orthographique plutôt que de suivre une règle, basée sur la taille du grain phonologique, imposée par leur langue.

Dans tous les cas, la conscience phonémique joue un rôle clé dans l'identification des mots écrits (Elbro & Scarborough, 2013), comme en témoigne l'étude longitudinale de MacDonald et al. (1995). Ils ont

démontré que les capacités précoces de conscience phonémique évaluées en maternelle prédisaient significativement les compétences d'identification de mots 11 ans plus tard. En Français, Ecalle et Magnan (2007) ont confirmé que les compétences phonémiques progressent plus significativement après l'apprentissage de la lecture chez les enfants tout-venant mais pas chez les enfants présentant des troubles durables du langage.

La conscience phonologique partagerait, en réalité, un lien bidirectionnel avec la lecture, et tout particulièrement avec le décodage (Goswami & Mead, 1992; Melby-Lervåg et al., 2012; Wagner & Torgesen, 1987). Les compétences phonologiques permettent d'appliquer le principe alphabétique, et en retour, les progrès en lecture affinent la conscience phonologique.

Les méta-analyses sur ce thème soulignent l'importance de la conscience phonologique, en particulier la conscience phonémique, dans l'apprentissage de la lecture, notamment pour la reconnaissance des mots. Melby-Lervåg et al. (2012) ont montré, à partir de 235 études, que la conscience phonémique est fortement liée à la lecture. Dans les langues transparentes, comme l'espagnol, la conscience syllabique est peut-être plus cruciale (Míguez-Álvarez et al., 2022), tandis que la conscience phonémique se développerait plus tardivement (Defior et al., 2008; Zugarramurdi et al., 2022). Pour les langues logographiques, comme le chinois, la conscience morphologique est centrale (Ruan et al., 2018). Elle devient également un facteur clé dans les langues alphabétiques opaques, pour les lecteurs avancés (Berninger et al., 2010; Carlisle, 2000, 2010; Marec-Breton et al., 2010; pour une revue Silva & Martins-Reis, 2017).

1.3. Liens entre processus phonologiques et identification lexicale écrite

Pour évaluer les processus de lecture de mots, différents paradigmes expérimentaux sont utilisés afin de vérifier l'intégrité des systèmes cognitifs sous-jacents. Traditionnellement, l'intégrité des voies phonologique et lexicale de la lecture est testée respectivement par la sensibilité à l'effet de lexicalité et par la sensibilité à l'effet de régularité. Toutefois, la multiplicité des processus sous-jacents impliqués, leurs interactions, ainsi que les différences entre la lecture silencieuse et la lecture oralisée, expliquent la diversité des résultats obtenus, et parfois leur apparente contradiction. Pour cette raison, les chercheurs ont développé une variété de paradigmes expérimentaux (souvent éloignés de la situation naturelle de la lecture) afin d'isoler certains processus cognitifs et de neutraliser autant que possible les autres, tout en tenant compte des différentes modalités de lecture (pour une revue voir Reichle, 2021). Nous concentrerons notre description sur les paradigmes qui cherchent à mettre en évidence l'accès à la phonologie et aux représentations orthographiques. Les tâches découlant de ces

paradigmes reposent notamment sur la lecture orale, la prise de décision ou le jugement, l'amorçage phonologique ou orthographique, le démasquage progressif. Elles peuvent être combinées avec des mesures des mouvements oculaires ou des mesures des activations cérébrales temporelles (EEG) ou spatiales (IRM) pour établir des corrélations physiologiques aux effets comportementaux observés.

Les preuves issues de la littérature scientifique confirmant les modèles à double voie certifient le rôle de la conscience phonologique dans le décodage, qui favorise à son tour l'acquisition lexicale selon la théorie de l'auto-apprentissage. Nous tenterons de synthétiser ces recherches en suivant la trajectoire d'acquisition proposée par ces modèles.

1.3.1. *Causalité entre phonologie et identification de mots*

Les études longitudinales réalisées dans différentes langues retrouvent aussi l'influence majeure des habiletés précoces de conscience phonologique (Caravolas et al., 2001; Clayton et al., 2020; Hulme et al., 2002; Wimmer et al., 1991) et/ou l'influence du décodage sur les représentations orthographiques (Caravolas et al., 2012; Hogan et al., 2005; Orsolini et al., 2006; Sprenger-Charolles, 1994; Sprenger-Charolles et al., 2003; Wagner & Torgesen, 1987). Notons que la mise au jour des représentations orthographiques de mots est aussi bien traitée, dans les études, par des tâches de lecture que des tâches de transcription orthographique de mots.

En français, Sprenger-Charolles et al. (2003) ont étudié le développement du traitement phonologique et orthographique chez des enfants du CP au CM1 (âgés de 6 ans et demi à 10 ans). Le but des tâches proposées était de déterminer les compétences précoces qui pouvaient prédire les performances ultérieures en lecture de mots. A cette fin, les variables de régularité et de lexicalité dans des tâches de lecture à haute voix et d'orthographe ont été manipulées. Une tâche de sensibilité à la pseudohomophonie (pseudomots homophones de mots du lexique) en décision lexicale a également été réalisée. Les résultats indiquent que seules les compétences de décodage expliquent en milieu de CP une part significative de variance des compétences orthographiques à la fin du CM1. En revanche, des interactions mutuelles entre les compétences phonologiques et orthographiques ont été observées dès le milieu du CP et s'étalaient jusqu'en fin de CM1 (avec un effet conjoint sur l'orthographe). De ce fait, les auteurs confirment la théorie de Share (1995, 1999) et soulignent : 1/ que les systèmes phonologiques et orthographiques fonctionnent probablement en interconnexion, et 2/ que le mécanisme de décodage initial semble être « activateur » du processus lexical.

Les effets d'un entraînement à la conscience phonologique sur la lecture de mots sont un autre moyen d'observer les relations de causalité entre les processus phonologiques et la reconnaissance de mots.

Les recherches appliquées sur ce thème retrouvent majoritairement un effet positif de l'entraînement de la conscience phonologique dans différentes langues (Lundberg et al., 1988; Mirahadi et al., 2023; Porta et al., 2021; Torgesen et al., 1992; Treutlein et al., 2008) et y compris sur la L2 alphabétique des apprenants L1 d'une langue logographique (Jiang et al., 2023).

A l'inverse, Pfost (2019) indique que cet entraînement spécifique a permis, chez des enfants germanophones, une nette augmentation des compétences phonologiques mais qui ne se sont pas répercutées sur l'identification de mots ultérieure. Un faible effet a pu toutefois être constaté dans le groupe possédant les scores les plus faibles en langage et conscience phonologique initiale. Ces résultats confirment que le lien causal entre conscience phonologique et identification de mots serait modulé selon la transparence de la langue et selon le système d'écriture (Georgiou et al., 2008; Zeguers et al., 2018; Ziegler et al., 2010).

1.3.2. *Interactions des processus phonologiques et lexicaux*

Les études sur le **voisinage phonologique et orthographique** montrent que les processus phonologiques et orthographiques interagissent lors de la lecture.

Les expériences d'amorçage en langues opaques et transparentes révèlent l'activation des deux voies de lecture : phonologique et orthographique (Booth et al., 1999; Zeguers et al., 2014; Ziegler et al., 2014). Alors que l'effet facilitateur d'un amorçage phonologique est stable au fil de l'expertise en lecture, l'augmentation de l'effet facilitateur orthographique est subordonnée à l'expertise du lecteur. Cela reflète, la capacité des lecteurs à s'appuyer progressivement, avec leur expérience croissante en lecture, sur les codes orthographiques (Ziegler et al., 2014). Le décours temporel d'acquisition des représentations phonologiques et orthographiques a été examiné à partir d'un paradigme d'amorçage (visuel, phonologique et multimodal) (Sauval, 2014). Les résultats montrent, en effet, que les lecteurs ayant moins d'expertise en lecture (CE2) utilisent les représentations phonologiques pour lire des pseudomots et reconnaître des mots familiers. Le codage phonologique reste important dans la reconnaissance des mots entre le CE2 et le CM2, surtout lorsque les représentations orthographiques sont moins développées. L'activation automatique des représentations phonologiques apparaît tôt, tandis que l'activation orthographique se développe plus tardivement. Ces résultats plaident donc pour un développement précurseur et majeur des représentations phonologiques. Ils corroborent ainsi les prédictions des modèles à double voie.

En outre, Grainger et al. (2005) ont exploré l'interaction entre les mécanismes phonologiques et lexicaux dans la reconnaissance des mots, chez des étudiants francophones, en utilisant des tâches de décision lexicale et de démasquage progressif. Les auteurs ont examiné l'influence de la densité du

voisinage phonologique et orthographique à travers trois expériences. Dans la première, ils ont utilisé 80 mots monosyllabiques et 80 pseudomots, répartis en fonction de la densité phonologique et orthographique. Les résultats ont montré que l'effet du voisinage phonologique variait selon la consistance orthographique. Dans la seconde, les pseudomots ont été remplacés pour moitié par des pseudohomophones, ce qui a intensifié l'interaction entre les effets phonologiques et orthographiques. Enfin, dans la dernière expérience, ils ont utilisé une tâche de démasquage progressif visant à examiner la rapidité d'accès au lexique et l'influence des voisinages phonologique et orthographique sur cet accès. Contrairement aux expériences précédentes, seuls les mots (et non les pseudomots ou les pseudohomophones) ont été utilisés. Les résultats ont montré que l'effet inhibiteur du voisinage phonologique s'accroissait, tandis que l'effet facilitateur disparaissait, suggérant que, dans certaines conditions, la similarité phonologique entre mots ralentit la reconnaissance. Ces résultats montrent comment les deux voies peuvent être activées différemment en fonction des stimuli (voisinage phonologique ou orthographique), fournissant ainsi des preuves en faveur d'un modèle d'identification des mots à deux voies, interconnectées.

1.3.3. *Impact des effets de régularité et de fréquence sur les processus phonologiques et lexicaux*

L'**effet de régularité** aide à évaluer l'utilisation de la voie lexicale de lecture. Les études observant l'évolution des capacités de lecture des mots selon leur régularité au cours de l'apprentissage confirment que les mots irréguliers sont acquis plus tardivement, et sont plus échoués, que les mots réguliers (Nash et al., 2023; Sprenger-Charolles et al., 1998). Néanmoins, comme suggéré par Nation et al. (2007), l'effet de régularité est dépendant d'autres facteurs tels que les connaissances orthographiques préalables ou la sensibilité aux régularités orthographiques (Araújo, Faisca, et al., 2015; Conners et al., 2011; Cunningham, 2006), les connaissances des mots à l'oral (Nash et al., 2023; Nation & Cocksey, 2009; Ouellette, 2006; Wang et al., 2013) ou encore le contexte (Murray et al., 2022; Wang et al., 2011). Ces facteurs peuvent ainsi expliquer une certaine part de variabilité sur la réussite en lecture de mots irréguliers.

L'**effet de fréquence** montre que les lecteurs experts reconnaissent plus rapidement les mots fréquents grâce à des représentations lexicales mieux spécifiées. Des effets de fréquence marqués sont, très tôt, retrouvés dans l'apprentissage de la lecture. Entre le CP et le CE1, l'effet de fréquence « bondit » (Lété et al., 2008) pour atteindre un niveau élevé au CE2 (Zoccolotti et al., 2009). Cette observation est fondamentale et plaide en faveur de la théorie d'auto-apprentissage et de représentations lexicales qui se spécifient graduellement, à mesure que l'enfant rencontre les mots.

En effet, les mots que les enfants rencontrent le plus souvent, leur permettent de construire une « image solide » du mot et de soulager la lecture en accédant, par un processus plus direct, à sa forme lexicale. C'est pourquoi, les mots les plus fréquents/familiers sont reconnus plus vite à mesure qu'ils sont rencontrés par le lecteur débutant. Cependant, en début d'apprentissage, peu de mots sont connus, l'effet de fréquence est faible. C'est le processus d'auto-apprentissage qui favorisera alors rapidement les mots les plus fréquemment rencontrés. D'autre part, les lecteurs débutants s'aident du contexte pour lire les mots, notamment les plus irréguliers (Wang et al., 2011).

Pour conclure sur ces preuves scientifiques, les études montrent la cohérence des propositions des modèles à double voie et le facteur clé qu'est la conscience phonologique dans les acquisitions de lecture de mots. Son influence varie, cependant, selon le type d'écriture et le degré de transparence de la langue. La conscience phonémique semble avoir un impact plus significatif sur la lecture de mots dans les langues opaques. Au fur et à mesure que les lecteurs acquièrent de l'expertise, une interaction complexe entre représentations phonologiques et orthographiques se développe, illustrant une évolution graduelle des compétences phonologiques vers des compétences orthographiques, comme l'indique la théorie d'auto-apprentissage. La familiarité et l'exposition répétée aux mots sont essentielles pour cette progression. Les preuves scientifiques valident donc majoritairement les modèles à double voie et l'hypothèse d'auto-apprentissage soutenue par des processus phonologiques (Taylor et al., 2013).

Certaines questions restent, toutefois, ouvertes concernant le poids des processus visuels. En effet, plusieurs études sur l'auto-apprentissage suggèrent que le traitement orthographique pourrait également dépendre de facteurs visuo-attentionnels (Chaves et al., 2020; Ginestet et al., 2020b, 2022). Ces facteurs ont été considérés comme minimes par rapport au poids de la phonologie dans la théorie initiale de Share (1995) mais ont, ensuite, été reconnus dans les langues opaques. Pour le moment, les modèles computationnels à deux voies, présentés précédemment, bien que très novateurs et représentant la flexibilité des processus de lecture, n'accordent qu'une faible place aux traitements visuels, ne les spécifiant qu'à minima. En revanche, les modèles à voie unique accordent une importance majeure aux processus visuo-attentionnels conjointement aux processus phonologiques.

Pour mieux comprendre comment les compétences visuelles et attentionnelles soulignées dans les modèles à voie unique jouent un rôle dans l'acquisition de la lecture de mots, nous proposons de décrire le système visuel et oculomoteur puis, plus précisément, l'EVA.

2. Rôle des processus visuels

2.1. Système visuel et lecture

Toute activité de lecture commence par un traitement visuel des lettres. La perception de celles-ci est dépendante de l'attention et de trois conditions sensorielles : l'acuité visuelle, la discrimination de leurs traits constitutifs et l'effet d'interférences.

2.1.1. Système de traitement des lettres

Acuité visuelle : vision fovéale et périphérique

Le champ visuel se divise en trois zones (Fig.7) : la fovéa, la région parafovéale et la région périphérique. La rétine permet de fixer un point précis du texte grâce à un traitement complémentaire des zones fovéale et parafovéale. Le premier fournit des informations orthographiques détaillées, tandis que le second donne des indications sur la taille ou la forme des mots suivants (Leibnitz et al., 2015). Les informations parafovéales accélèrent ensuite le traitement du mot lorsqu'il atteint la fovéa. Au-delà, le traitement périphérique du champ visuel est beaucoup moins précis.

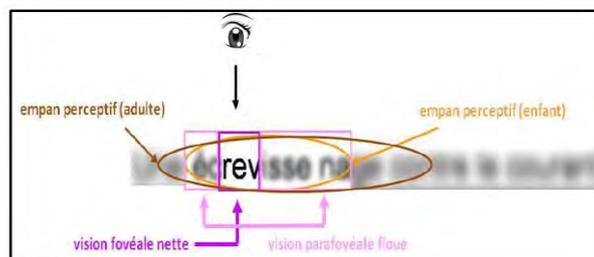


Figure 7 : Vision fovéale et parafovéale en lecture (issue de Leibnitz et al., 2015)

L'acuité visuelle est, ainsi, maximale au point de fixation en zone fovéale, modérée en zone parafovéale et encore plus basse en périphérie. A mesure que l'on s'éloigne du point de fixation l'acuité visuelle diminue. Autrement dit, les lettres sont mieux perçues au point de fixation et moins bien à mesure que l'on s'en éloigne. Mais l'acuité n'est pas la seule condition à la reconnaissance des lettres qui composent un mot. Elles doivent être distinguées selon leur forme propre.

Discrimination visuelle des traits des lettres

Valdois (2023) explique que les traits constitutifs des lettres (lignes, courbes, segments, etc.) permettent la différenciation entre elles. Certaines lettres partagent de nombreux traits et peuvent être confondues (e.g. t/f ou E/F). Parfois, elles doivent être différenciées selon le contexte typographique entre différentes casses (e.g. « i » majuscule et « l » minuscule sont typographiés « l »). Ainsi, plus des lettres sont proches visuellement, plus leur traitement demandera du temps.

Interférences latérales

Les interférences latérales (*crowding*) correspondent au fait que la discrimination d'une lettre est affectée par la présence de lettres voisines. Cet effet d'encombrement visuel, par le chevauchement des lettres adjacentes entre elles, n'affecte pas également toutes les lettres du mot. Les lettres initiales et finales sont épargnées (Valdois, 2023). Le *crowding* ralentit la lecture, par réduction de l'empan visuel des lettres, mais est naturellement modulé par l'attention chez les normo-lecteurs contrairement aux dyslexiques (He et al., 2013; He & Legge, 2017; Martelli et al., 2009; Spinelli et al., 2002). Lecce et al. (2024) confirment la modulation du *crowding* par l'attention mais suggèrent également que l'effet d'interférences affecte la localisation spatiale des lettres. La résolution du *crowding* sur les localisations spatiales de lettres serait assurée par un autre système de traitement attentionnel.

Rôle de l'attention

L'attention joue un rôle majeur dans la lecture de mots et de phrases (Gavril et al., 2021; Plaza & Cohen, 2007; Reichle et al., 1999; Snell et al., 2018; Waechter et al., 2011). Sur les phrases, l'attention visuelle permet de sélectionner les mots à lire et de guider les mouvements oculaires pendant la lecture. Au niveau même du mot, elle facilite l'identification des lettres en limitant les imprécisions liées aux interférences latérales, à une diminution de l'acuité visuelle ou à la discrimination de lettres visuellement ressemblantes. Plus encore, elle guide, soutient les procédures analytiques et directes de lecture (Valdois, 2023).

Chez les enfants dyslexiques, les preuves de difficultés attentionnelles spécifiques, à l'origine de leur trouble, ont été accumulées au cours des dernières années (pour une revue voir Facoetti et al., 2019; Franceschini et al., 2012; Lallier et al., 2010; Roach & Hogben, 2007; Ruffino et al., 2010; White et al., 2019). Les processus de lecture sont sous contrôle attentionnel et certains retards en lecture pourraient en partie s'expliquer par une fenêtre visuo-attentionnelle réduite (Prado et al., 2007; Seassau et al., 2014).

L'étude des mouvements oculaires a permis, en effet, de mieux comprendre le traitement visuo-attentionnel et cognitif, des mots et des phrases, pendant la lecture.

2.1.2. Mouvements oculaires et lecture

L'**OVP** (*Optimal Viewing Position*, ou Position Optimale de Fixation en français) est le point « idéal » sur un mot où l'œil se fixe pour en faciliter la reconnaissance (Ducrot et al., 2013). Cette position se trouve légèrement à gauche du centre du mot. Lorsque l'œil se fixe à cet endroit, le traitement des lettres du mot est assuré de manière plus efficace et simultanée, sans avoir besoin de revenir systématiquement sur les premières lettres (Ducrot & Lété, 2005). Ce phénomène est observé chez les lecteurs experts, qui ont acquis une capacité à repérer certaines régularités graphémiques. En revanche, chez les lecteurs débutants ou en difficulté, cette capacité est moins développée (Nazir & Montant, 1996; Aghababian & Nazir, 2000).

Même si la position de fixation est optimale, chez le normo-lecteur, 30% environ des mots ne sont pas fixés et sont sautés en lecture de textes (Fig.8). Les fixations durent autour de 200-250 ms et s'enchaînent par saccades en progression (dans le sens de la lecture) ou régression (retours en arrière). Les fixations permettraient d'extraire de l'information en fovéa, les saccades en progression viseraient à amener une nouvelle information en fovéa quand les saccades en régression (largement moins fréquentes : 10% des saccades) seraient utiles pour un repositionnement ou une vérification. La durée des fixations est influencée par différents facteurs : la fréquence d'un mot, sa longueur (pouvant exiger une régression) ou sa prévisibilité.

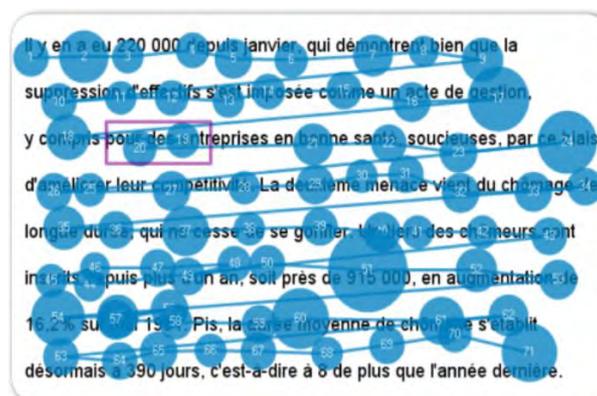


Figure 8 : Saccades et fixations sur la lecture de texte (issue de Chanoine, 2023)

Saccades (traits bleus) et fixations (points bleus) sur la lecture d'un texte. Le diamètre des ronds est proportionnel à la durée de fixation. Les fixations sont numérotées dans l'ordre chronologique. Cela fait apparaître les régressions (exemple encadré).

Les mouvements oculaires des enfants apprentis lecteurs se différencient selon leur niveau de lecture. Ainsi, la durée de fixation des mots diminue à mesure que les enfants progressent dans leur

apprentissage de la lecture, passant de 125 ms en CP, à environ 60 ms en CM1-CM2. Cette réduction est interprétée par le développement accru du stock orthographique chez les lecteurs plus avertis (Aghababian & Nazir, 2000). En revanche, chez les enfants ayant des troubles de la lecture, cette réduction n'est pas observée. Ils présentent une symétrie dans l'analyse des lettres des deux côtés du point de fixation, rendant la reconnaissance des lettres en fin de mot, difficile. Les enregistrements oculomoteurs révèlent plus de fixations et de saccades régressives chez les dyslexiques (Bucci et al., 2012).

L'émergence de l'OVP au cours de la première année d'apprentissage de la lecture marquerait la transition « *d'un traitement analytique, séquentiel à un traitement simultané des lettres* » (Leibnitz et al., 2016, p. 14). Ainsi, lorsque l'empan visuel et le stock orthographique sont réduits, les lecteurs utiliseraient une procédure phonologique pour identifier les mots. Cette idée rejoint les travaux de Valdois sur l'Empan Visuo-Attentionnel (Ans et al., 1998; Valdois, Roulin, et al., 2019), selon lesquels l'EVA module, via une fenêtre attentionnelle, la taille de l'unité prise en compte pour la lecture et participe à l'identification des mots écrits.

D'autres empan visuels sont parfois évoqués et/ou confondus avec l'Empan Visuo-Attentionnel. C'est pourquoi, nous allons tenter de distinguer précisément ces empan.

2.2. Spécificités de l'Empan Visuo-Attentionnel

2.2.1. Définition des empan visuels

La notion « d'empan visuel » demande à être clarifiée car ce terme peut recouvrir des compétences différentes (Frey & Bosse, 2018). Trois concepts spécifiques se différencient de l'empan visuel (sériel ou visuo-spatial) car se rapportent au traitement visuel du matériel linguistique écrit : l'empan visuel perceptif, l'empan visuel et l'empan visuo-attentionnel.

Le premier est l'**Empan Visuel Perceptif (EVP)**. Selon Cauchard (2008), il est défini comme :

la région du champ visuel autour du point de fixation à l'intérieur de laquelle de l'information utile est extraite. Il est communément admis que la taille de cet empan est très limitée : il ne s'étendrait pas, verticalement, au-delà de la ligne fixée en lecture et au-delà de deux lignes supplémentaires dans une tâche de recherche (Cauchard, 2008, p. 2).

Les informations extraites grâce à l'EVP influencent la vitesse de lecture, le traitement orthographique et visuel sur la phrase, le texte. Dans les langues qui se lisent de gauche à droite, il couvre jusqu'à 18 caractères simultanés autour du point de fixation : 3-4 caractères à gauche, 14-15 à droite. Il se mesure dans des conditions « naturelles » de lecture et est, par conséquent, influencé par les facteurs liés au lecteur (âge, connaissances linguistiques du lecteur, ...) et au contenu du texte (typologie des mots, syntaxe, prédictibilité des mots à venir, ...) (Frey & Bosse, 2018; Leibnitz et al., 2016). Son étendue n'est pas uniquement dépendante d'une limitation de l'acuité visuelle mais aussi de facteurs attentionnels impactant l'information prélevée en une fixation oculaire (Frey & Bosse, 2018).

Le second, l'**Empan Visuel (EV)**, lorsqu'il se rapporte à la lecture proprement dite, « *quantifie le nombre de lettres, autour du point de fixation, qui peuvent être vues et intégrées sans faire intervenir le contexte ou des connaissances linguistiques particulières* » (Leibnitz et al., 2016, p. 9). Il est plus réduit que l'empan perceptif et l'asymétrie est moins marquée (10 caractères concernés au total). Il n'est pas influencé par les connaissances linguistiques et est une mesure purement visuelle sensorielle de perception des lettres. Une relation étroite existe entre la taille de l'empan visuel et la vitesse de lecture : une augmentation d'une lettre reconnue dans l'empan visuel est associée à une augmentation de la vitesse de lecture d'environ 40 % (Legge et al., 2007). Environ, 34 à 52 % de la variabilité de la vitesse de lecture peut être expliquée par la taille de l'empan visuel (Kwon et al., 2007). En revanche, l'empan visuel étant indépendant des aspects cognitifs supérieurs, il ne peut pas être amélioré, par exemple, par une meilleure compréhension (Frey & Bosse, 2018).

Enfin, l'**Empan Visuo-Attentionnel (EVA)** est défini comme la quantité d'unités orthographiques distinctes traitées en parallèle durant une fixation oculaire (Bosse et al., 2007). Sa particularité est donc le traitement simultané des caractères, sous-contrôle attentionnel, contrairement au concept de l'EV. L'EVA est ainsi lié à une fenêtre visuo-attentionnelle mobile, qui englobe toutes les lettres d'un mot lors de l'identification lexicale directe, mais seulement une partie du mot dans le cas d'une identification analytique, par assemblage. Son étendue est beaucoup plus restreinte que l'EVP et l'EV. L'identification des caractères compris dans une fenêtre donnée dépend de la quantité et de la distribution de l'attention dévolues au traitement. « *L'EVA est considéré comme une évaluation comportementale d'un processus général d'attention visuelle spécialisé pour le traitement simultané des caractères et semble être modulé par la quantité de ressources attentionnelles disponibles* » (Frey & Bosse, 2018, p. 8). Ainsi, une quantité d'attention élevée au point de fixation permet d'identifier un grand nombre de caractères, si la distribution de l'attention est répartie correctement sur la chaîne de caractères (Frey & Bosse, 2018; Ginestet et al., 2022). La distribution de l'attention permet, en effet, de rendre compte de l'acuité visuelle (meilleure visibilité des lettres au point de fixation et diminuant

à mesure que l'on s'en éloigne). Ginestet et al. (2022) ont ainsi fait varier au sein de leur modèle computationnel de lecture de mots BRAID-Learn (Ginestet, 2019), la dispersion moyenne (σ) (Fig.9) de l'attention pour observer son effet sur la reconnaissance des lettres. La distribution attentionnelle représentait mieux l'acuité visuelle avec une quantité suffisante d'attention combinée avec une distribution gaussienne de l'attention.

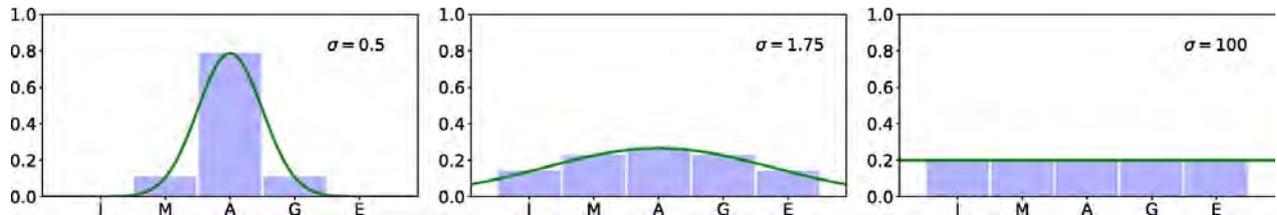


Figure 9 : Distribution de l'attention sur la chaîne de lettres (issue de Ginestet et al., 2022)

Illustration de la distribution de l'attention sur la chaîne de lettres du mot stimulus IMAGE pour une position d'attention au point de fixation et différentes quantités d'attention (axe y) pour chaque position (axe x). Chaque image représente une dispersion de l'attention différente selon les valeurs de dispersion (σ : faible à gauche, intermédiaire au milieu et forte à droite)

La mesure de l'EVA permet ainsi de déterminer la quantité d'informations orthographiques (lettres, graphèmes et syllabes) qui peuvent être identifiées simultanément au cours d'une seule fixation oculaire. Il repose donc sur la quantité d'attention, selon l'acuité visuelle au point de fixation, dévolue au traitement visuel des mots et lettres mais peut être influencé par le *crowding*, la transparence de la langue ou la complexité des caractères (Lallier et al., 2016, 2018; Marinelli et al., 2020).

Ces 3 empanns EVP, EV et EVA présentent donc des différences fondamentales que nous résumons ci-dessous (voir Tab.2 et Fig. 10 et 11) (Frey & Bosse, 2018).

	CONCEPT FONDATEUR	ETENDUE NOMBRE DE LETTRES (Fig.10)	ZONES DE TRAITEMENT (Fig.11)	SENSIBILITE	LIEN LECTURE
EVP	Mouvements oculaires	15 à droite du point de fixation	Zones fovéale et parafovéale	traitements cognitifs de haut niveau	Vitesse lecture et compréhension selon vitesse de traitement
EV	Contraintes sensorielles visuelles	10 (5 à gauche et 5 à droite du point de fixation)	Zone fovéale	caractéristiques sensorielles de bas niveau	Vitesse lecture selon compétences sensorielles
EVA	Quantité d'attention visuelle	maximum 5 chez l'adulte	Zone fovéale	capacité d'attention visuelle simultanée	Vitesse lecture et orthographe lexicale selon compétences sensorielles et attentionnelles

Tableau 2 : Principales différences opposant les concepts d'EVP, EV et EVA (adapté de Frey et Bosse, 2018)

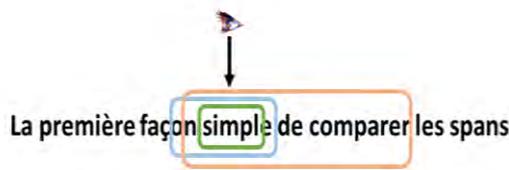


Figure 10 : Comparaison des tailles d'empans **en nombre de lettres** (orangé = EVP ; bleu = EV ; vert = EVA ; flèche = point de fixation) (repris et adapté en français, de Frey et Bosse, 2018)

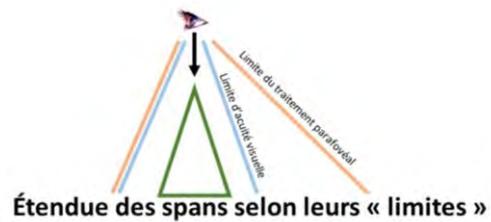


Figure 11 : Comparaison des tailles d'empans selon l'étendue **des traitements fovéal et parafovéal** (orangé = EVP ; bleu = EV ; vert = EVA ; flèche = point de fixation) (repris et adapté en français, de Frey et Bosse, 2018)

Ces dernières années, de nombreuses études se sont intéressées à l'implication de l'EVA sur la lecture. Certaines confirment son implication sur la lecture et l'écriture, d'autres mettent en doute l'hypothèse même de l'empan visuo-attentionnel et/ou s'interrogent sur ce que l'EVA mesure réellement et sur la façon dont il est mesuré (Cirino et al., 2022; de Jong & Van Den Boer, 2021; Holmes & Dawson, 2014; Valdois, 2022).

2.2.2. Mesure de l'EVA

Deux types d'épreuves sont principalement utilisées pour mesurer l'EVA : les épreuves de rappel verbal des lettres ou de rappel catégoriel d'éléments « non verbaux ».

En rappel verbal des lettres (la tâche la plus communément utilisée), des suites de lettres (suffisamment espacées pour éviter les effets de *crowding*), contrôlées pour éviter une forte similarité (e.g. G-C ne sont pas des lettres sélectionnées dans les stimuli) sont présentées simultanément et brièvement (200 ms) sur la position optimale du regard. Ces suites se composent de 5 consonnes qui ne peuvent pas se lire comme des mots (e.g. H R S N F).

- En report global, le lecteur redonne le plus de consonnes perçues quel que soit leur ordre.
- En report partiel, la procédure est la même mais une des lettres présentées est indiquée par une barre verticale. Seule cette lettre doit être redonnée.

Le logiciel EVADYS (Valdois et al., 2017) propose cette tâche de rappel, normée en Français pour les enfants de la GSM jusqu'à l'âge adulte. Valdois (2010) indique que ces tests informent ainsi sur l'élargissement de l'empan et sa précision au cours de l'apprentissage.

En rappel catégoriel de caractères, des chaînes de symboles, chiffres, caractères hiragana, etc (selon les études) sont présentées simultanément. Les participants sont invités à catégoriser les éléments perçus. L'usage d'une méthodologie non verbale est cependant controversé. Certains chercheurs

valident des résultats similaires entre tâche verbale et non verbale d'EVA (Jones et al., 2008; Lobier et al., 2012) et d'autres trouvent des différences (Banfi et al., 2018; Yeari et al., 2017). La variabilité des méthodologies engagées dans les recherches mais aussi le degré de transparence de la langue peuvent expliquer ces oppositions (Valdois, 2022).

En Français, le poids des facteurs visuo-attentionnels pourrait être particulièrement important pour l'acquisition de la lecture et notamment des représentations orthographiques. Des modèles de lecture décrivent des processus de traitement visuel parallèle (pour une revue voir Ducrot & Lété, 2008; Reichle, 2021). Par exemple, les modèles basés sur les mouvements oculaires comme SWIFT (Engbert et al., 2005) s'intéressent à la lecture de textes, de phrases dans lesquels le traitement simultané sous-contrôle attentionnel est envisagé sur plusieurs mots en même temps. Des modèles de lecture de mots isolés proposent également un traitement parallèle des lettres (Grainger & Ziegler, 2011; Pritchard et al., 2018) mais n'implémentent pas ou n'expliquent pas précisément les facteurs attentionnels associés. Ils accordent néanmoins de l'importance aux facteurs d'acuité et d'interférences latérales (Bernard & Castet, 2019; Grainger et al., 2016).

2.3. Liens entre EVA et identification lexicale écrite

2.3.1. *Traitements visuels simultanés et oculomoteurs en lecture de mots*

L'étude de Bosse et al. (2015) a proposé d'observer si les traitements visuels simultanés ou séquentiels des chaînes de caractères avaient une influence sur la qualité de la mémorisation des représentations orthographiques de mots dans une situation d'auto-apprentissage. Ils ont présenté à 88 enfants francophones scolarisés du CE2 au CM2, des pseudomots en faisant varier la taille des chaînes de caractères accessibles à l'aide d'une fenêtre mobile. La moitié des pseudomots bisyllabiques ont donc été présentés de manière séquentielle (en unités sublexicales) et l'autre moitié de manière simultanée (en unités lexicales entières). Après une phase d'entraînement, la phase expérimentale consistait, pour les enfants, à lire les pseudomots le plus vite possible. Les pseudomots (appris en condition fenêtre large et réduite, en nombre équivalent) ont été présentés 4 fois chacun dans un ordre aléatoire. Sept jours plus tard, 14 des pseudomots cibles ont été évalués en tâche de dictée et de décision orthographique. Les résultats ont indiqué que tous les pseudomots ont été décodés mais que la mémorisation orthographique s'avérait significativement meilleure lorsque les pseudomots avaient été présentés en fenêtre large plutôt que réduite. Outre l'influence du décodage, cette étude suggère que le traitement visuo-attentionnel simultané des caractères conduit à l'apprentissage

orthographique précis des mots écrits. Cette expérience répétée auprès d'adultes (Chaves et al., 2020) aboutit aux mêmes conclusions.

Dans la même idée, le rôle de l'EVA dans la construction des représentations orthographiques a été étudiée à travers le paradigme d'auto-apprentissage couplé au suivi des mouvements oculaires (Ginestet et al., 2020b). Les résultats, confirment encore que l'EVA intervient dans la qualité des représentations orthographiques. En effet, la mémorisation des représentations orthographiques s'améliore au cours des expositions mais, dès la seconde exposition, une réduction rapide des fixations et du temps de traitement sont constatés. En outre, ce sont les participants avec EVA plus étendu qui ont obtenu les meilleurs résultats en dictée et décision orthographique. L'EVA module donc la rapidité de l'extraction d'informations orthographiques (voir aussi Chaves, 2012).

Un lien de causalité entre l'étendue de l'EVA et les acquisitions lexicales écrites a été avéré par les études longitudinales et d'entraînement.

2.3.2. *Causalité entre EVA et identification de mots*

Bosse, Valdois et Dompnier (2009) ont réalisé une **étude longitudinale** auprès de 127 enfants en Grande Section de Maternelle (GSM), qu'ils ont suivis à trois reprises : en GSM, au CP et CE1, afin d'évaluer l'impact spécifique de l'EVA sur l'apprentissage de la lecture. Non seulement, les résultats montrent une augmentation marquée de l'EVA entre le CP et le CE1, mais aussi que le score d'EVA mesuré en CP prédit la performance en lecture un an plus tard. Le prolongement de cette étude, menée par Bosse et Valdois (2009), chez des enfants en CP, CE2 et CM2, confirme que l'EVA est corrélé aux performances en lecture, indépendamment des résultats en conscience phonologique. Cette relation est observée pour tous types de mots (réguliers, irréguliers et pseudomots), tant en termes de vitesse d'identification que de qualité d'identification. De plus, le nombre de lettres pouvant être traitées simultanément augmente progressivement avec l'âge, passant de 3 en CP à 3,5 en CE2, puis à 4,3 en CM2.

Une étude plus récente (Valdois, Roulin, et al., 2019) a exploré, auprès de 124 enfants de maternelle, différents prédicteurs de la lecture (EVA, conscience phonologique, connaissance des noms des lettres, mémoire de travail et à court terme verbale, connaissances précoces d'identification de mots et QI non verbal). Un an plus tard, en CP, ont été mesurées la fluence en lecture de textes et les compétences (précision et vitesse) en lecture de pseudomots et mots irréguliers isolés. Les résultats des analyses de régression montrent que l'EVA des enfants de maternelle prédit la fluidité de la lecture de textes, de

mots irréguliers et de pseudomots un an plus tard (après contrôle de l'âge, du QI non verbal, des compétences phonologiques, de la connaissance du nom des lettres et des compétences précoces d'identification/décodage). En outre, en CP, le poids de l'EVA sur les différentes compétences de lecture était plus fort pour la lecture des pseudomots que pour la lecture de mots irréguliers ou pour la lecture de textes. Autrement dit, l'EVA possède une forte part explicative des processus de lecture, même phonologiques, comme suggéré dans le modèle BRAID-Acq. Il influence également l'orthographe lexicale (Chaves et al., 2010, 2020).

D'autres études corroborent l'existence de liens (corrélation ou prédiction) entre l'EVA et la lecture et/ou l'orthographe lexicale dans d'autres langues : en chinois (Chan & Yeung, 2020; Huang et al., 2021), en arabe (Awadh et al., 2022; Lallier et al., 2018), en anglais (Bosse & Valdois, 2009), en Grec (Niolaki et al., 2020; Niolaki et al., 2024). Certaines études modèrent toutefois son poids, dans les langues transparentes (Lallier et al., 2016; Van Den Boer & de Jong, 2018) et selon la complexité morphologique de la langue considérée (Antzaka et al., 2019).

Valdois (2023) cite à ce propos, l'étude de Marinelli et al. (2020) dans laquelle ont été examinées les capacités d'EVA et d'apprentissage orthographique d'enfants italiens (langue transparente) et anglais (langue opaque) en primaire. La tâche consistait à apprendre de nouveaux mots (pseudomots) associés à des images (imaginaires). Dans une première phase, les enfants devaient recopier le mot après l'avoir vu avec le dessin. Ensuite, seul le dessin était montré, et ils devaient écrire le mot de mémoire. Si une erreur était faite, la bonne orthographe leur était montrée et ils devaient recopier le mot correctement. Les résultats de l'étude ont révélé que les enfants ayant un EVA plus performant apprenaient plus facilement les mots nouveaux, mais uniquement en anglais, et non en italien. Cela suggère bien que l'EVA contribue à l'apprentissage orthographique de mots nouveaux, mais probablement plus dans les langues opaques dans lesquelles les unités orthographiques sont particulièrement longues (e.g. eau, ain, etc.) ainsi que dans les langues agglutinantes. La méta-analyse de Tang et al. (2023) ou celle de Liu et al. (2023) vont aussi dans ce sens et relèvent une forte corrélation entre dyslexie et déficit en EVA notamment dans les langues opaques.

Ce lien entre lecture et EVA est aussi retrouvé dans les études qui s'intéressent à **l'effet d'un entraînement de l'EVA** sur la lecture. Ces études sont encore rares mais montrent systématiquement ce lien causal (Zhao et al., 2019).

La récente étude de Valdois & Zoubrinetzky (2022) proposait de comparer les effets de deux entraînements : la précision catégorielle phonémique (logiciel RAPDYS⁹) et l'EVA (logiciel MAEVA) sur les compétences d'EVA, lecture et conscience phonologique chez 45 lecteurs dyslexiques (âge moyen 10 ans 7 mois). Après appariement sur ces variables des jeunes lecteurs, un entraînement étalé sur 6 semaines (7h30 au total) était proposé en deux groupes et en deux phases. Le premier groupe s'entraînait d'abord avec le logiciel RAPDYS puis avec MAEVA alors que le second groupe s'entraînait d'abord avec le logiciel MAEVA puis RAPDYS. Dans les deux cas, la mesure des performances de lecture et d'EVA montrait de nets progrès en EVA et lecture de mots irréguliers après entraînement avec le logiciel MAEVA.

De la même façon, l'entraînement au logiciel EVASION, spécifiquement conçu pour entraîner l'EVA chez les enfants de CP de cette étude, a montré que les enfants qui y avait joué le plus, étaient ceux qui amélioraient le plus leurs compétences de vitesse de lecture et d'orthographe (Valdois et al., 2024). D'autres programmes de remédiation multimodale (phonologie et EVA) ont également montré l'efficacité d'un entraînement intensif chez des lecteurs/scripteurs en difficultés (Harrar-Eskinazi et al., 2023).

2.3.3. *Manifestations en lecture d'un trouble de l'EVA*

Un trouble de l'EVA se révèle par la régularisation de mots irréguliers et par un temps de traitement ralenti en lecture. Toutefois, d'autres manifestations doivent être considérées (notamment en production écrite). Elles peuvent toucher les unités sous-lexicales et doivent être interprétées avec précaution. Valdois (2023) explique ainsi que des erreurs sur les graphèmes complexes peuvent être liées à une réduction de l'empan visuo-attentionnel. Celui-ci, ne permettant pas d'appréhender une suffisamment longue séquence graphémique, engendrerait des choix graphémiques simplifiés en transcription (e.g. eau-o) ou des erreurs de découpage phonémique en lecture (e.g. inde-/ind/). De même, les erreurs sur les graphèmes contextuels ne sont pas nécessairement d'origine phonologique puisque le lecteur doit observer au-delà du graphème pour adapter sa prononciation ou sa production écrite (e.g. incendie), ce qui est nécessairement plus complexe pour des enfants présentant un EVA réduit. Enfin, les séquences graphémiques illégales ou aberrantes en production écrite sont fréquentes chez les enfants présentant un trouble de l'EVA (Zoubrinetzky et al., 2014) car ces enfants sont, probablement, moins sensibles aux fréquences graphémiques de la langue.

Bouvier-Chaverot et al. (2012) alertent sur le fait qu'un grand nombre de dyslexiques présentent un déficit de l'EVA non diagnostiqué et que celui-ci n'est pas nécessairement associé à des troubles

⁹ RAPDYS et MAEVA sont deux logiciels édités par Happy Neuron' (Human Matters), Lyon

phonologiques. Les déficits phonologiques et de l'empan VA semblent, en effet, affecter indépendamment la lecture (Zoubrinetzky et al., 2016). Le cas « Gustave » (enfant dyslexique de surface) est emblématique des difficultés typiques des enfants dyslexiques sans trouble phonologique (Bouvier-Chaverot et al., 2012). Malgré un excellent niveau de compétences métaphonologiques et de vocabulaire, cet enfant décodait laborieusement et présentait des difficultés massives en voie lexicale. Celles-ci étaient en lien avec un EVA particulièrement réduit (notamment en Report Partiel sur les positions P2 et P4).

Bien que le lien causal soit établi entre difficultés en lecture et EVA, certaines études s'interrogent sur l'indépendance véritable des traitements phonologiques et visuo-attentionnels.

3. EVA et Conscience phonologique : des contributions indépendantes sur l'identification de mots ?

Sur le plan neurocérébral, une indépendance des zones dévolues au traitement de l'EVA et à celles des compétences phonologiques est retrouvée. Ces zones distinctes n'interdisent cependant pas l'existence d'une complémentarité cognitive entre EVA et conscience phonologique dans le processus de lecture (Heim et al., 2010).

La zone cérébrale spécifiquement dédiée au traitement de la forme visuelle des mots (Visual Word Form Area, VWFA) « *fonctionne comme une mémoire des connaissances orthographiques permettant la reconnaissance rapide des mots et le traitement parallèle des lettres qui les composent* » (Valdois, 2020, p. 30). Les recherches actuelles suggèrent que l'apprentissage de la lecture s'accompagne d'une augmentation de la connectivité entre les régions visuo-orthographiques, en particulier la VWFA, et les régions auditivo-verbales péri-sylviennes gauches (Vandermosten et al., 2012). Cognitivement, cela reflète le développement de la conscience phonémique et l'association progressive entre les unités orthographiques et phonologiques. Mais la VWFA est également connectée au réseau attentionnel dorsal, incluant le lobe pariétal supérieur. Les tâches liées à l'empan visuo-attentionnel (EVA) activent justement, principalement, la partie postérieure des lobes pariétaux supérieurs (Valdois, Lassus-Sangosse, et al., 2019). Un trouble de l'EVA est associé à une hypo-activation observée dans les lobes pariétaux, quel que soit le type de stimuli écrits (verbaux ou non) (Peyrin et al., 2012; Reilhac et al., 2013). L'impact de l'EVA sur la lecture ne peut être minimisé puisque l'entraînement à des tâches visuo-attentionnelles intensives chez des dyslexiques avec déficit d'EVA conduit à une réactivation des lobes pariétaux s'accompagnant d'une extension de l'EVA et de progrès en lecture (Valdois et al., 2014).

En somme, la conscience phonologique et l'EVA contribuent ensemble à l'extension du lexique orthographique à travers leurs relations respectives avec la VWFA. En effet, le seul développement des connaissances phonologiques ne parvient pas à expliquer tous les processus de lecture engagés.

Certaines études se sont intéressées à l'apprentissage orthographique avec peu/sans accès phonologique. Elles montrent que les processus visuels jouent un rôle important. Par exemple, les babouins sont capables d'apprendre à distinguer des pseudomots anglais via des processus visuels de bas niveau mais sans accès au sens (Montant et al., 2012). Chez l'humain, Tucker et al. (2016) ont montré que même des mots mal décodés peuvent être mémorisés et orthographiés correctement, avec un apprentissage influencé par des analogies morphologiques et orthographiques. Pacton et al. (2018) soulignent l'importance des indices morphologiques dans la mémorisation des nouvelles formes orthographiques, tandis que Cauchi (2022) confirme que les processus orthographiques sont privilégiés chez les enfants par rapport aux processus morphologiques. Le modèle BRAID-Acq (Steinhilber et al., 2022) a également démontré que l'apprentissage orthographique peut se réaliser sans forme phonologique préalable et que la création d'une forme orthographique nouvelle crée en synergie la forme phonologique correspondante dans le lexique du lecteur.

Ces divers résultats d'études n'indiquent pas que les processus phonologiques sont inutiles mais prouvent bien que des processus visuels ou visuo-orthographiques peuvent participer de manière importante à la constitution des représentations orthographiques. Dans l'hypothèse d'auto-apprentissage, les compétences phonologiques sont les bases principales de la construction du lexique orthographique, mais les traitements visuels représentent cependant une source de variance dans les acquisitions des lecteurs/scripteurs (Cunningham et al., 2002; Nation & Castles, 2017).

Perry et Long (2022) ont mené une revue scientifique des recherches évaluant l'EVA. Ils accordent un poids prédictif à l'EVA d'après les données mais décrivent une variété de procédés méthodologiques et un manque de données sur les corrélations entre les subtests pour avérer le lien entre lecture et EVA. Ils ne nient pas l'existence de facteurs visuo-attentionnels sur la lecture mais rappellent l'immense difficulté à séparer les facteurs phonologiques et visuels car les manifestations des troubles peuvent être similaires.

En résumé, bien que les compétences phonologiques soient assurément impliquées dans les acquisitions de lecture dans les langues alphabétiques, la conscience phonologique est intercorrélée avec d'autres compétences linguistiques comme le vocabulaire (Bandini et al., 2017; Cassano & Schickedanz, 2015; Metsala, 1999) ou le RAN (Powell & Atkinson, 2021; Vander Stappen & Reybroeck, 2018) et n'explique donc pas à elle seule les acquisitions de lecture (Catts et al., 2001; Schatschneider et al., 2004). Certains traitements visuels et/ou attentionnels permettent la mise en place de

représentations orthographiques, même en l'absence de processus phonologiques efficaces. L'EVA lui aussi influence et prédit la lecture de mots comme l'accès aux représentations orthographiques de mots (Bosse et al., 2015; Chaves et al., 2020; Valdois et al., 2019). L'importance du grain visuel, les connaissances accumulées sur le poids de la mémoire visuelle dans les langues logographiques et probablement dans les méthodes d'apprentissage visuo-sémantique (Koyama et al., 2008; Read et al., 1986) ainsi que les constats sur l'EVA, interrogent donc d'autant plus sur le peu de place que les modèles à double voie réservent aux facteurs visuels sur l'accès lexical.

Les traitements visuels et attentionnels que les sourds mettent en place pour lire pourraient peut-être expliquer le succès de certains lecteurs sourds, notamment intramodaux. Afin de vérifier cela, nous proposons que le chapitre suivant décrive les modèles de lecture pour les sourds. Nous verrons ensuite, ce que suppose les théories phonologique et visuelle de la lecture en cas de surdité ainsi que les compétences qu'ils développent dans ces domaines pour parvenir à identifier des mots.

Résumé du chapitre II

Ce second chapitre présentait les rôles des processus phonologiques et visuo-attentionnels sur l'accès lexical écrit.

La conscience phonologique correspond à la capacité intentionnelle de manipulation des unités phonologiques de la langue. Ces manipulations dépendent de la taille des unités selon l'âge mais également de la complexité de la tâche demandée et de la transparence de la langue considérée. C'est principalement la conscience phonémique qui serait prédictive de l'identification de mots compte-tenu de son lien avec le décodage.

L'EVA correspond au nombre de caractères identifiés simultanément en une fixation oculaire. Il serait influencé par le crowding et par la complexité des caractères. Il serait prédicteur de la lecture de mots, de pseudomots et de la fluence en lecture. Il favoriserait les acquisitions orthographiques.

Les études scientifiques montrent que le rôle clé de la conscience phonologique suggéré par les modèles à double voie est corroboré par les méta-analyses et les études longitudinales. Les processus phonologiques précèdent les processus orthographiques. Ces processus sont ensuite interconnectés et s'enrichissent mutuellement à travers la répétition des expositions pour permettre l'acquisition de représentations lexicales spécifiées.

Des recherches récentes soulignent toutefois le rôle important de l'EVA, notamment dans les langues opaques et les cas de dyslexie. L'EVA et la conscience phonologique semblent reposer sur des processus distincts mais complémentaires. Le rôle des compétences visuo-attentionnelles est probablement sous-estimé dans les modèles à double voie.

Chapitre III : Identification des mots écrits chez les enfants sourds

Les processus phonologiques chez les entendants apparaissent donc comme une base décisive pour l'acquisition des représentations orthographiques ultérieures. Ce constat interroge le cas particulier des enfants sourds autant sur la question du développement de la langue vocale que sur l'accès à la conscience phonologique. Les « défis » que les enfants sourds doivent relever sont en réalité majeurs qu'ils soient oralisants ou signants. Nous étudierons le développement langagier des enfants sourds selon leur(s) langue(s) et décrirons les enjeux de ces choix linguistiques pour l'acquisition de la lecture. Nous nous appuyerons ensuite sur les modèles de lecture de mots pour enfants sourds afin de mieux comprendre les processus phonologiques et non phonologiques qu'ils supposent. Les prédicteurs de la lecture de mots étudiés par les recherches en surdité résultent de ces modèles conceptuels. Ils semblent varier selon les profils linguistiques et auditifs des enfants sourds.

1. De l'oral à l'écrit chez les enfants sourds oralisants

La systématisation du dépistage néonatal de la surdité en France, institué en 2012, permet aujourd'hui de repérer 94% des surdit s¹⁰ (Denoyelle et al., 2021). Celles-ci sont classées en fonction du seuil auditif de perte (en dB HL, *Decibels Hearing Level*) sur les différentes fréquences (de 500 Hz les sons les plus graves à 4000 Hz les sons les plus aigus) et vont de pertes légères (entre 20 et 40 dB de perte) à profondes (de 91 à 120 dB de perte) ou cophotiques (> 120 dB de perte) (Hoen et al., 2016). Au-delà du seuil de 50 dB de perte, la perception des phonèmes du langage est largement altérée (Fig.12). Autrement dit, les surdités sévères à profondes (comme dans l'exemple ci-dessous) entravent la perception et la compréhension du message vocal.

Lorsque la surdité sévère/profonde est congénitale ou pré-linguale (c'est-à-dire avant 2 ans) alors l'enfant n'a jamais eu de perceptions auditives ou n'en a eu que durant très peu de temps, avant la survenue de la surdité. La qualité et la quantité d'input sonore et langagier seront donc insuffisantes pour permettre un développement harmonieux de la phonologie de la LV. Dans une visée d'oralisation, la récupération auditive qu'apportent les appareillages peut améliorer les compétences langagières, notamment phonologiques, des enfants sourds. Webb et al. (2015) définissent donc les enfants oralisants comme des enfants ayant une « audition fonctionnelle » car porteurs d'implants ou de contours d'oreille.

¹⁰ Afin de permettre aux lecteurs naïfs de la surdité de mieux appréhender le fonctionnement anatomique et physiologique de l'oreille, se trouvent en Annexe 3 de brefs rappels sur la surdité.

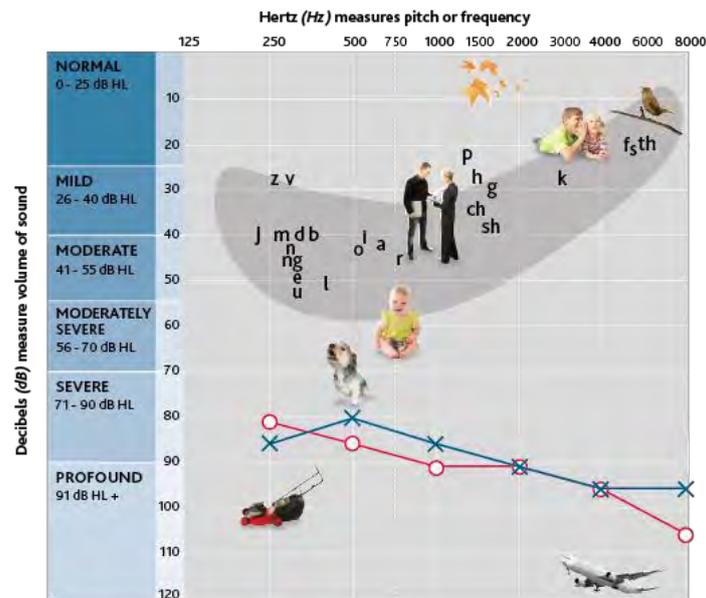


Figure 12 : Audiogramme d'une perte auditive sévère à profonde bilatérale présentant l'impact selon le seuil auditif de perte pour les bruits de la vie quotidienne et les phonèmes de l'anglais (tout ce qui se trouve au-dessus des courbes bleue et rouge n'est pas perçu) (issue de <https://www.amplifon.com>)

Néanmoins, la maturation corticale intervenant précocement (entre 2 et 4 ans), l'intervention sur la récupération auditive doit se faire le plus tôt possible pour permettre le développement du langage oral (Colette, 2000). De multiples solutions d'appareillage existent. Le choix d'un type d'aide spécifique dépend du degré de perte auditive et de l'origine de la surdité (Bouccara et al., 2005). L'implant cochléaire se révèle être une des prothèses neurales les plus performantes (Zeng et al., 2008) permettant le développement d'habiletés langagières supérieures à celles des enfants appareillés par contours d'oreille (Geers & Hayes, 2011). L'implantation cochléaire est recommandée, en France, dans les surdités bilatérales sévères/profondes avant l'âge de 12 mois (Simon, F., et al., 2019). L'enquête du CISIC (2021) auprès de 413 enfants implantés en France rapporte que 98% de ces enfants ont des parents entendants et sont, pour 88% d'entre eux, les seuls sourds de leur foyer. 72% utilisent une communication vocale unique et seulement 9% utilisent la langue vocale et la langue des signes conjointement.

1.1. Développement du système phonologique et lexical

1.1.1. Développement du système phonologique

Les études sur les acquisitions phonologiques des enfants sourds oralisants révèlent que leurs performances sont inférieures à celles des entendants de même âge mais qu'elles semblent suivre les mêmes étapes (Ambrose et al., 2012; Easterbrooks et al., 2008; James et al., 2005; Johnson & Goswami, 2010).

L'étude francophone longitudinale de Colin (2004) retrouve, chez les sourds oralisants appareillés, ce même constat. Elle montre que, dès la grande section de maternelle, les enfants sourds oralisants sont capables de jugements de syllabes/rimes finales avec un avantage pour la détection de la syllabe plus que de la rime. En CP, les enfants sourds baignés précocement dans la LfPC obtenaient des résultats similaires entre les tâches de similitude phonologique (traitement épiphonologique) et détection de segments communs (traitement métaphonologique). Ce n'était pas le cas des enfants oralisants baignés tardivement dans la LfPC ou ne bénéficiant pas de cette technique qui démontraient des performances plus élevées dans la première tâche que dans la seconde. Les enfants sourds de cette classe commettaient principalement des confusions labiales au niveau phonémique.

Les résultats chez les implantés montrent des compétences de conscience phonologique plus élevées que chez les sourds appareillés, avec de meilleures performances au niveau syllabique notamment. En production, ils simplifient plus les groupes consonantiques, substituent plus de phonèmes postérieurs et omettent plus souvent les phonèmes finaux que leurs pairs entendants (Dardenne et al., 2019). Il existe, cependant, une grande variabilité interindividuelle dans la perception et la production de parole et langage chez les porteurs d'implants (S. Colin et al., 2013; Dillon et al., 2012; Ertmer & Goffman, 2011; Niparko et al., 2010). L'origine de cette variabilité reste discutée (Van Wieringen & Wouters, 2015). Frish et Pisoni (2000) suggèrent que les enfants sourds implantés s'appuient sur l'accès lexical pour ensuite analyser la structure phonémique des mots perçus.

Les premières vocalisations, le babillage sont souvent retardés chez les enfants appareillés et apparaissent entre 11 et 18 mois (Oller & Eilers, 1988). Le délai d'apparition du babillage chez l'enfant implanté est généralement constaté aux alentours de 6 mois post-implantation (Ertmer et al., 2003).

Le développement phonologique (rime, phonème) est moins précis chez les enfants sourds oralisants qu'entendants. Leurs représentations phonologiques sont, en effet, moins diversifiées qu'ils soient porteurs d'appareils ou d'implants (Alegria Iscoa et al., 1999; Aparicio et al., 2014; Bouton, 2010). La perception phonologique est, cependant, facilitée par l'effet de lexicalité et par le recours aux indices visuels (la lecture labiale). En effet, même si les enfants sourds sont globalement moins performants sur des tâches de discrimination phonémique que les entendants, tous discriminent mieux les phonèmes au sein de mots que de non-mots (Bouton, Colé, et al., 2012).

Les enfants sourds oralisants connaissent un retard plus marqué sur leurs compétences phonologiques et un peu plus modéré sur leurs compétences lexicales (Nittrouer et al., 2018).

1.1.2. *Développement du système lexical*

Le développement lexical chez les enfants sourds oralisants implantés suit la même progression ou surpasse, selon les études, celui des entendants de même âge auditif mais restent en décalage avec les enfants de même âge chronologique (Duchesne et al., 2010; Majorano et al., 2017, 2020; Ouellet et al., 2001). La méta-analyse de Lund (2016) confirme ce retard en vocabulaire réceptif et expressif chez les enfants sourds implantés par rapport aux enfants de même âge chronologique dans différentes langues. Certains auteurs retrouvent pourtant des habiletés lexicales comparables entre enfants entendants et sourds implantés (Löfkvist et al., 2014) mais leurs traitements lexicaux sont souvent plus lents (Grieco et al., 2009). Cette lenteur résulterait de la dégradation de l'entrée auditive qu'ils reçoivent impliquant des adaptations en cascades tant au niveau lexical que sémantique (Klein et al., 2023). De ce fait, les enfants sourds oralisants sont plus sensibles que leurs pairs entendants au voisinage phonologique (en lien avec leurs perceptions phonologiques dégradées), au voisinage lexical (en lien avec leurs difficultés de traitement des non-mots) et utilisent des stratégies phonotactiques compensatoires nécessitant un temps de traitement supplémentaire pour décider de la lexicalité (Nagels et al., 2020; Schwartz et al., 2013). Ils connaissent également plus de difficultés à utiliser les indices lexicaux sémantiques pour prédire les mots à venir dans une phrase compte tenu de leur manque de vocabulaire (Blomquist et al., 2021).

Leur développement morphosyntaxique est retardé et peut-être plus altéré que le développement lexical chez la plupart des enfants implantés (Chilosi et al., 2013; Duchesne, 2009; Le Normand, 2005) bien qu'une forte variabilité soit constatée (Ouellet et al., 2001). Ainsi, on estime qu'environ un tiers des enfants implantés présentent des troubles langagiers durables (Bouton et al., 2015; Geers et al., 2016).

La forte variabilité s'explique par les différents facteurs qui influencent le langage en cas de surdité. Ils sont liés à des variables liées à la surdité proprement dite, à la qualité et au type d'input linguistique que l'enfant reçoit.

1.2. Facteurs d'influence sur le développement phonologique et lexical

1.2.1. *Facteurs d'influence liés à la surdité*

De nombreux facteurs propres à la surdité (âge de dépistage et d'appareillage, étiologie de la surdité, niveau de surdité, type d'appareillage, type de surdité évolutif ou non) influencent les perceptions et productions des enfants sourds oralisants et entravent l'accès phonologique. L'accès à l'audition rendu

possible par des appareillages/implants cochléaires ne garantit cependant pas une compensation totale de l'audition (Briec, 2012; Charlier, 2020). Les espoirs d'approcher une audition « normale » par les récentes recherches en thérapies géniques, par la création de nouvelles générations d'implants optogénétiques ou utilisant l'intelligence artificielle sont forts (Inserm, 2023). Toutefois, les implants cochléaires actuels, qui équipent plus de 15000 adultes et enfants en France, ne restaurent pas une audition comparable à celle des entendants (Machart, 2022).

Une perte auditive ne s'arrête pas à une perte d'intensité mais touche toutes les caractéristiques acoustiques des sons (l'intensité, le timbre, la durée, la hauteur). Les implants cochléaires ont apporté une qualité de perception auditive importante permettant d'améliorer considérablement le développement du langage chez les enfants sourds sévères à profonds (Dauman et al., 1998; Geers et al., 2003). Ils sont efficaces pour transmettre l'information sonore temporelle globale mais transmettent un signal dégradé concernant la structure temporelle fine (timbre, nasalité vocalique par exemple) (Ambert-Dahan, 2014; Bouton, 2010). Ils sont également limités par le nombre d'électrodes qui ne permettent pas de coder un champ fréquentiel aussi large que celui de l'oreille « normale » ou pour lesquelles les stimulations fréquentielles peuvent se chevaucher. Pour ces raisons, on observe une grande variabilité dans les profils de perception et production en langue vocale des enfants sourds appareillés/implantés. Un âge d'implantation précoce (discuté selon les auteurs, avant 12 mois ou avant 3 ans) semble offrir un pronostic plus favorable au développement des compétences prosodiques, phonologiques et lexicales (Dettman et al., 2016; Le Normand & Lacheret, 2008; Niparko et al., 2010).

1.2.2. *Facteurs d'influence liés à l'input linguistique*

Les productions langagières que l'enfant développe sont dépendantes de la quantité d'input et du modèle linguistique qu'il reçoit. Ainsi, un temps de port suffisant de l'appareillage (80% du temps d'éveil) est nécessaire pour développer une langue vocale. En outre, on note fréquemment que les interlocuteurs des enfants sourds ne fournissent pas un modèle linguistique adéquat : soit le message transmis est inadapté par surestimation des compétences de l'enfant (débit de parole rapide, lèvres non visibles, énoncés trop longs, ...), soit le message transmis est suradapté et « appauvri » (e.g. peu de diversité lexicale et privilégiant les mots concrets, énoncés courts, usage du style direct exclusif, ...) ou stéréotypé (Charlier, 2020a). De ce fait, bien qu'une grande partie des enfants sourds sévères à profonds (notamment implantés précocement) développent des compétences de langage proches de celles de leurs pairs entendants, tous n'accèdent pas à un développement langagier analogue à ces derniers.

Comparativement aux entendants (Dodd et al., 2008; McGurk & Macdonald, 1976), l'appui sur les perceptions visuo-labiales est plus important chez les enfants sourds (Worster et al., 2018). Les indices visuels agissent comme un mécanisme compensant la dégradation des perceptions auditives pour construire des représentations phonologiques plus précises (Colin & Croiseaux, 2020; Leybaert & Colin, 2007). Cependant, bien qu'essentielle à l'accès phonologique, la lecture labiale reste restreinte par la rapidité du débit, la variabilité intersujets, le flux de parole et les ambiguïtés visuelles entre les phonèmes articulés (e.g. /p/ ; /b/ ; /m/) (Borel & Dodier, 2013). C'est ce qui explique que seulement 10 à 30% des mots soient reconnus en lecture labiale. Pour différencier les sosies labiaux (phonèmes dont la réalisation labiale est identique ou très proche), une technique née dans les années soixante-dix puis adaptée à différentes langues (le *cued speech* de Cornett, 1967) a permis aux enfants sourds de développer des représentations phonologiques mieux spécifiées. En français, cette technique prend le nom de LfPC. De nombreuses études ont ainsi montré que la LfPC favorise un accès précoce à la phonologie (Alegria et al., 1999; Colin, 2004; LaSasso et al., 2003; Leybaert & Charlier, 1996). Elle reste pourtant relativement peu utilisée en France (CISIC, 2021).

Bien que les compétences phonologiques puissent se développer via les perceptions auditives, la lecture labiale, la LfPC (ou tout équivalent du *cued speech*), elles se déploient plus lentement chez les sourds porteurs d'aides auditives (implants cochléaires/appareillages) que chez les entendants (Spencer & Tomblin, 2009), ce qui complexifie leur accès à l'écrit. Dans l'étude de Geers et Hayes (2011), près de 40% des enfants implantés cochléaires sont en difficulté avec la lecture.

1.3. Difficultés pour entrer dans l'écrit

1.3.1. Effets de consistance, régularité et lexicalité

Chez l'enfant entendant, la consistance de la langue d'apprentissage a un impact fort sur les temps d'acquisition du langage écrit. Chez l'enfant sourd oralisant, qui semble suivre des trajectoires d'apprentissage similaires aux entendants, il est possible que l'inconsistance du français ait un impact démultiplié. Toutefois, malgré la richesse des études chez les enfants oralisants (notamment implantés cochléaires), à notre connaissance, nous n'avons pas trouvé d'études ayant comparé les performances de ces enfants selon le degré de transparence des langues d'apprentissage. Quelques études se sont, cependant, intéressées à l'effet des variables psycholinguistiques sur les acquisitions écrites entre sourds oralisants et entendants.

Chez les sourds implantés italophones ou hispanophones, la reconnaissance lexicale de mots écrits est liée à la précocité d'implantation. Ceux qui ont été implantés précocement atteignent ainsi des niveaux

d'identification de mots comparables à leurs pairs entendants via des processus de conversions grapho-phonologiques (voir par exemple Domínguez et al., 2019). L'étude Italienne de Marinelli et al. (2019) a examiné, chez les enfants implantés, différentes variables psycholinguistiques affectant la lecture à haute voix dans ses aspects visuels, sous-lexicaux, lexicaux et sémantiques (confusion des lettres ; longueur ; contextualité du graphème ; fréquence ; accent ; âge d'acquisition et imageabilité). Bien que plus lents, les enfants sourds de cette étude se montraient affectés de la même manière par les variables psycholinguistiques que leurs pairs entendants et ce, sans effets multiplicatifs. En libanais (langue transparente mais écrite de droite à gauche), longueur, fréquence et lexicalité affectent la vitesse et la précision de lecture chez les enfants implantés (Mattar et al., 2024).

Dans une langue plus opaque comme le français, la constitution des représentations orthographiques des enfants implantés cochléaires semble dépendante également de la précocité de l'implant mais aussi du niveau de lecture et de facteurs psycholinguistiques spécifiques. La longueur et la fréquence des mots mais pas la consistance des associations grapho-phonémiques influencent leurs compétences de dénomination écrite. Ils peuvent atteindre, malgré leurs imprécisions phonologiques, des niveaux élevés de transcription de mots (Simon, M., et al., 2019). En Anglais (langue à très forte opacité), les représentations lexicales écrites sont aussi comparables, en lecture, à celles de leurs pairs entendants mais légèrement inférieures à ces derniers en transcription (Wass, Ching, et al., 2019). Certaines catégories d'erreurs commises à l'écrit par les enfants sourds implantés semblent particulièrement faibles par rapport aux entendants appariés (substitutions d'homophones ; erreurs de voyelles légalés) (Quick et al., 2019).

Les recherches semblent donc converger vers une même trajectoire développementale de ces enfants sourds oralisants, à l'écrit quelle que soit leur langue avec toutefois, l'émergence de stratégies qualitatives visuo-orthographiques, notamment dans les langues opaques.

La lecture elle-même peut aussi participer à l'amélioration des compétences phonologiques de l'oral à travers les analogies orthographiques et l'acquisition explicite de la correspondance grapho-phonémique (Nittrouer et al., 2018).

1.3.2. *Effets bidirectionnels phonologie visuelle-écrit*

Chez des enfants sourds oralisants, l'accès au décodage est retardé du fait, notamment, du manque de spécification de leurs représentations phonologiques. Toutefois, l'impact des aides/méthodes visuelles favorisant les représentations phonologiques peut préciser le lien entre l'oral et l'écrit. En retour, l'écrit donne un appui visuel, aux enfants sourds, permettant de mieux spécifier leurs représentations phonologiques.

L'usage de la LfPC favorise l'accès aux représentations phonologiques mais aussi orthographiques. Certains enfants sourds sont ainsi capables d'utiliser des analogies orthographiques pour décider de la rime entre des paires de mots par exemple (Charlier & Leybaert, 2000; Leybaert & Van Reybroeck, 2004; Sterne & Goswami, 2000). Ainsi, Charlier et Leybaert (2000) se sont inspirées de l'étude de Campbell et Wright (1988) montrant que des paires rimantes orthographiquement congruentes (e.g. *bat/hat*) étaient mieux repérées que des paires rimantes dont l'orthographe divergeait (e.g. *hair/bear*). Elles ont répété l'expérience auprès d'enfants francophones en leur demandant de comparer des paires d'images (sans appui orthographique direct) rimantes ou non rimantes. Les paires rimantes pouvaient avoir une orthographe congruente (e.g. *pain/train*) ou non congruente (e.g. *tasse/glace*). Les paires non rimantes pouvaient présenter une forte similitude labiale (e.g. *train/pied*)¹¹ ou non (e.g. *robe/balle*). Les résultats auprès d'enfants sourds précocement ou tardivement baignés dans la LfPC ont été comparés à ceux d'entendants de même âge chronologique. Ceux-ci indiquaient que, les enfants sourds ayant reçu le plus d'input LfPC atteignaient des niveaux élevés de réussite. Tous utilisaient la lecture labiale mais les enfants sourds sans input LfPC ou bimodaux (LS/LV) commettaient plus d'erreurs sur les paires rimantes non congruentes (e.g. *tasse/glace*) que congruentes (e.g. *pain/train*), témoignant de leur appui sur leur l'orthographe pour décider de la rime. Ces résultats confirment donc, non seulement, l'importance de l'introduction de la LfPC précocement mais aussi la stratégie d'appui, pour les enfants sourds, sur la lecture labiale et sur les représentations orthographiques pour décider de la rime. Ils pourraient être plus « contraints » cognitivement dans des tâches phonologiques n'utilisant pas le support du mot écrit.

Ces résultats font écho à la théorie du « pont syllabique » (Doignon-Camus & Zagar, 2014) et aux travaux de Vazeux et al. (2020). L'accès à la syllabe crée un cercle vertueux, où l'amélioration du décodage renforce la conscience phonologique, ce qui favorise encore davantage le développement des compétences en lecture. De manière analogue, il est possible que les enfants sourds, qui accèdent aux syllabes via la LfPC et comprennent les liens entre l'oral et l'écrit grâce à un apprentissage explicite du décodage (Grantham, 2020), compensent leurs difficultés phonologiques en s'appuyant davantage sur des indices visuels, notamment labiaux et orthographiques.

Les méthodes d'apprentissage telle que « *visual phonics* » (Trezek et al., 2007) reposent sur des représentations visuelles manuelles des phonèmes, associées à leur équivalent graphémique et à un caractère écrit symbolique (e.g. pour le phonème /z/ sont présentés les graphèmes Z et z ; le symbole

¹¹ Bien que non rimante, cette paire présente une forte similitude labiale pouvant induire les enfants sourds en erreur sur l'existence d'une rime. Pour en prendre conscience, le lecteur peut subvocaliser cet exemple.

∩ et le mouvement de l'index reproduisant la forme de la lettre conjointement). Cette méthode utilisée dès la grande section de maternelle permet de faciliter l'accès au décodage un an plus tard et est corrélée, au CE2, aux capacités de jugement de rimes et au décodage mais pas aux autres compétences de lecture (Narr, 2008).

En d'autres termes, bien que cette méthode visuelle phonologique favorise le décodage, elle ne garantit pas l'acquisition de représentations orthographiques robustes chez les enfants sourds. Pour parvenir à une compréhension adéquate des mots lus et intégrer les « règles statistiques » de l'écrit, les enfants sourds ont besoin d'un apprentissage explicite des règles grapho-tactiques (légalité orthographique, fréquence des suites graphémiques) et morphologiques conjointement mais aussi d'une exposition fréquente au vocabulaire oral et écrit (Grantham, 2020; Treiman, 2018).

Les enfants sourds oralisants peuvent donc accéder au décodage lorsque leurs perceptions auditives, l'input linguistique et des aides visuelles syllabiques ou phonémiques sont mises en place (LfPC, *Visual phonics*). Ces aides ont un impact bénéfique sur l'accès à la phonologie et sur l'acquisition du principe de conversion grapho-phonémique. L'accès à l'écrit, en retour, améliore les représentations phonologiques. Toutefois, les performances de lecture des enfants sourds ne semblent pas dépendre uniquement de leur accès à la phonologie. La spécification des représentations orthographiques à plus long terme pourrait dépendre de stratégies visuelles, liées aux similitudes orthographiques, aux règles grapho-tactiques ou morphologiques pour parvenir à identifier des mots de manière efficace.

Néanmoins, une part importante des enfants sourds oralisants peine à développer la LV avec les conséquences que cela engendre sur leur bien-être, leur scolarité et leur communication. Certains auteurs soulignent le « risque » majeur¹² que prennent les familles en choisissant précocement un mode de communication monolingue LV plutôt qu'un mode bilingue LV/LS (pour une discussion, voir M. L. Hall et al., 2019). D'autres indiquent l'effet positif de la pratique de la bimodalité précoce (Nittrouer et al., 2018).

La question est alors de savoir quels défis doivent relever les enfants signants lorsqu'ils pratiquent une LS pour entrer dans la lecture, qu'ils aient ou non accès à la LV. C'est à cette fin que nous décrivons le système linguistique propre à la Langue des Signes Française (LSF)¹³ puis le développement et l'impact sur la lecture, de la langue ou des langues pratiquées par les enfants sourds.

¹² Cette notion de « risque » renvoie ici aux enfants qui ne parviennent pas à développer la LV et se retrouvent ainsi, à des âges avancés, sans langue ni aucun moyen de communication.

¹³ Quelques informations complémentaires sur le fonctionnement linguistique de la LSF sont disponibles en Annexe 4

2. De la Langue des Signes vers la langue écrite

Les Langues des Signes (LS) n'ont été reconnues comme langues à part entière qu'à partir des travaux de Strokoe (1960), sur l'ASL (*American Sign Language*). Contrairement à l'idée d'une langue des signes universelle, il existe, en réalité, de nombreuses langues des signes distinctes, chacune ayant sa propre structure, son propre héritage culturel et social. Comme dans les langues vocales, leur typologie linguistique (notamment le degré de complexité morphologique) varie, en partie, selon l'influence des caractéristiques sociales de chaque communauté (Schembri et al., 2018). Ainsi, chaque langue des signes a donc ses spécificités selon les représentations culturelles et iconiques de ses locuteurs. Au sein même d'une langue des signes donnée des variations existent également.

Aujourd'hui, l'avancée des recherches sur les LS a permis de montrer que la LSF (ou Langue des Signes Française) possède une structure linguistique bien définie mais des différences structurelles notables existent avec le français vocal. En outre, la LSF ne s'écrit pas. Lorsque les enfants entendants utilisent leurs connaissances linguistiques de leur langue maternelle pour entrer dans l'écrit, les enfants signants doivent donc appliquer d'autres stratégies pour mettre en correspondance la LSF (leur « langue naturelle ») et l'écrit. Le défi est majeur pour atteindre ce but.

2.1. Caractéristiques principales de la Langue des Signes Française (LSF)

2.1.1. Paramètres de formation du signe

Différentes approches théoriques ont jalonné l'étude linguistique des LS notamment concernant la « phonologie » de la LS. Si de premier abord ce terme semble mal adapté aux langues visuelles, les approches structuralistes ont pourtant tenté de comparer les langues signées (LS) aux langues vocales en utilisant le concept de double articulation selon les particularités visuo-motrices des LS.

Braffort (2016) explique que cette approche a été remise en cause par les chercheurs adoptant une vision différentialiste, se dégageant du modèle de double articulation des langues vocales. Au cœur de cette théorie, les aspects discursifs des LS et la notion d'iconicité (la manière dont un signe représente visuellement son référent) sont mis en avant. Ainsi, dans l'approche sémiologique de Cuxac (2000), les signes ne doivent pas être réduits à des combinaisons de « phonèmes gestuels isolés » mais représentent des unités globales où l'iconicité joue un rôle central. Il distingue les structures de transfert et de grande iconicité au pouvoir illustratif, des signes standards (pouvant être porteurs d'une valeur iconique) qui n'ont pas cette visée illustrative du discours.

L'approche intermédiaire, quant à elle, fusionne l'approche structuraliste et différentialiste via un modèle iconique dynamique (Millet, 2004) dans lequel l'iconicité s'inscrit aux différents niveaux d'analyse : phonologique, lexical et syntaxique.

Malgré ces approches linguistiques très différentes, s'appuyant sur Boutora (2008), Braffort (2016, p. 33) rappelle que « *quel que soit le courant, la majorité des descriptions de signes utilisent les paramètres comme outils de description à un niveau phonologique¹⁴* ».

La notion de « paramètres » des langues signées est donc largement utilisée par les chercheurs (Bogliotti, 2023; Boutora, 2008; Brentari, 2019; Cuxac, 2004). Ces « paramètres » ne font bien entendu pas référence à une production phonémique sonore comme dans les langues vocales mais à un système organisé d'unités visuelles (manuelles/corporelles). Elles peuvent s'opposer comme s'opposent les traits phonologiques sonores des langues vocales selon les théories structuralistes et intermédiaires. Ainsi, en langue vocale, « pou » - /pu/ et « bout » - /bu/ sont une paire minimale distinctive puisque le seul trait phonologique de voisement oppose p/b, ce qui permet la distinction entre ces deux mots. De même, en langue des signes, la modification d'un paramètre peut engendrer un signe différent (e.g. la seule modification de la configuration de la main, et d'aucun autre paramètre, permet de différencier le signe « fille » de « gentil »).

Ainsi, les paramètres se décomposent en paramètres manuels et non-manuels.

Les paramètres manuels correspondent aux configurations de la main (la forme que prend la main et notamment la position des doigts), à l'orientation des paumes de la main du signeur par rapport à lui (vers l'avant ou vers soi, vers la gauche ou la droite, vers le haut ou le bas), à l'emplacement (la localisation du signe dans l'espace et sur le corps du signeur) et au mouvement (geste de rotation, oscillation, torsion, déplacement, etc., avec ou sans répétitions et variations du mouvement selon sa trajectoire et/ou sa vitesse et/ou son amplitude). Le mouvement est certainement le paramètre le plus complexe par sa dimension sémantique et iconique (Boutora, 2008).

Les paramètres non-manuels correspondent au regard et à la posture qui dirigent l'attention et indiquent les changements dans le discours. Les expressions faciales transmettent des émotions et modulent le sens des signes, jouant un rôle syntaxique similaire à l'intonation en langues vocales. Enfin,

¹⁴ Les théories différentialistes placent l'iconicité comme précurseur du signe mais ne rejettent pas entièrement l'idée que les signes peuvent être analysés en termes de « paramètres ». Ainsi, elles ne perçoivent pas les unités paramétriques comme arbitraires car d'abord motivées par l'iconicité (le lien entre le signe et son sens).

les mouvements labiaux incluent les labialisations de la langue vocale et les gestes labiaux propres à la LSF (Bogliotti & Isel, 2021; Crasborn et al., 2008).

Les unités phonologiques de la LV n'ont donc aucune correspondance avec les unités paramétriques des LS. Une paire distinctive en LS ne correspond pas à celle de la LV. En outre, les paramètres peuvent changer de statut. L'« emplacement » et la « configuration » peuvent passer d'un rôle purement phonologique à un rôle véhiculant une part de signification. Quant aux mouvements iconiques, ils subissent des modifications, notamment des flexions iconiques, qui jouent également un rôle central dans l'économie linguistique (Millet & Kobylanski, 2023) (voir Annexes 4).

Au niveau lexical, l'organisation lexicale de la LSF et de la LV ne sont pas comparables. Nous nous attacherons à quelques particularités de la LSF pour comprendre leurs retentissements possibles sur l'identification des mots écrits.

2.1.2. *Particularités du Système lexical et syntaxique*

La Langue des Signes Française se distingue par trois caractéristiques essentielles : l'iconicité, la morphologie des signes, et la transmission simultanée dans un espace tridimensionnel.

L'iconicité, c'est-à-dire la relation directe entre la forme du signe et son référent visuel ou physique, joue un rôle majeur dans l'organisation des signes en LSF. Contrairement aux langues vocales où la correspondance entre le mot et son référent est en général arbitraire, de nombreux signes en LSF sont visuellement motivés par la réalité qu'ils représentent. D'autre part, le lexique de la LSF s'enrichit par des procédés morphologiques flexibles. Alors que la LSF ne possède qu'environ 4 000 à 5 000 signes de base (Cuxac & Pizzuto, 2010), ces signes peuvent être dérivés, composés ou fléchis pour multiplier les possibilités d'expression (Bogliotti, 2023). Enfin, la transmission simultanée des signes dans les trois dimensions, où les informations sont véhiculées à la fois par les mains, l'expression faciale et l'utilisation de l'espace, permet d'organiser les discours de façon plus complexe et dense qu'en langue vocale.

La typologie des signes est ainsi dépendante du type de discours, de l'opacité du signe et des variations morphologiques. Il existe des signes à forte portée illustrative et d'autres possédant un degré illustratif moindre (les signes standards qui sont des unités stables). Pour toutes ces raisons, un signe ne correspond donc pas toujours strictement à un mot de la LV. La modélisation du lexique signé, de Brentari et Padden (2001) permet de résumer l'organisation lexicale de la LSF et d'expliquer les

processus morphologiques s'appliquant au lexique. Il souligne les différences entre signes iconiques et moins iconiques à partir de 3 modules lexicaux se chevauchant.

Le premiers module nommé « lexique noyau natif » correspond aux signes standards, le second nommé « lexique natif non central » correspond au lexique fortement iconique tels que les classificateurs et le troisième nommé « lexique emprunté » correspond aux mots dactylogiés (épelés via l'alphabet manuel). Les signes ainsi organisés peuvent subir, comme en LV, des transformations dérivationnelles, flexionnelles ou compositionnelles selon le module auquel ils appartiennent. Le chevauchement de ces modules rend bien compte de la variété lexicale comme : les signes polymorphémiques (voir Fig.13) utilisant simultanément un signe standard et un classificateur, les glissements de signes dactylogiés vers un signe standard ou encore les signes composés en mosaïque lorsque deux unités lexicales sont exprimées simultanément et différemment par les deux mains pour ne représenter qu'un mot.



Figure 13 : Exemples de signes polymorphémiques. A gauche, « je mange un sandwich » et à droite « je mange avec des baguettes » (issue de Bogliotti, 2023).

Cet exemple (Figure 13) montre bien qu'un signe polymorphémique est composé de plusieurs unités significatives. Les mots « manger » et « sandwich » sont des signes standards existants en LSF, mais dans le discours, ils ne s'expriment pas séquentiellement mais simultanément. Leur forme paramétrique est modifiée pour favoriser l'intercompréhension et sous l'effet du principe d'économie linguistique. L'opposition entre l'organisation séquentielle de la LV et l'organisation spatiale et simultanée de la LS, la variabilité lexicale de la LS ou la polysémie de la LV (e.g. « pomme » : fruit/ partie de la douche/ visage etc.) rendent plus complexe l'accès aux mots de la LV et de la langue écrite pour les signeurs. La mise en correspondance par une traduction terme à terme entre LS et LV ne peut donc pas s'appliquer car les différences entre LS et LV sont importantes.

L'entrée dans la lecture par décodage semble très complexe sans accès sonore. En revanche, un haut niveau de maîtrise de la LSF permettrait une entrée dans le français écrit. Pour comprendre pourquoi la maîtrise de la LS est fondatrice des processus de lecture, nous décrivons d'abord la trajectoire développementale typique du langage chez les locuteurs LS, selon leur profil bilingue bimodal ou

monolingue. Puis nous développerons les défis que les sourds signants doivent relever pour entrer dans la lecture.

2.2. Développement phonologique et lexical en LSF

2.2.1. *Enfants sourds intramodaux, en Langue des Signes « unique »*

Les enfants sourds de parents sourds qui communiquent en LS¹⁵ (signeurs natifs) ont l'avantage de développer un langage « naturel » (Lillo-Martin et al., 2023). L'apparition du babillage gestuel, marqué par ses configurations manuelles, ses mouvements et ses positions spatiales, témoigne des premières productions du bébé. Ce babillage manuel précède les premiers signes « mots » et semble réalisé légèrement plus tôt que ce qui est constaté chez l'entendant. Ainsi, à 8.6 mois, les premiers signes reconnaissables sont identifiables mais, comme chez l'entendant avec les mots, environ 10 signes sont produits autour de 13 mois (Orlansky & Bonvillian, 1985). Le langage en LS semble ainsi suivre la même trajectoire développementale que chez l'enfant entendant (Petitto & Marentette, 1991). Chez les tout-petits sourds signants, le stock lexical est comparable entre LV et LS, de même que chez les CODAs¹⁶ ou les sourds nés de parents entendants (non natifs d'une langue visuelle) mais compétents en LS (Berger et al., 2024; Blondel, 2009; Caselli et al., 2021; Caselli & Pyers, 2020). Toutefois, il existe des différences dans le développement lexical entre sourds et entendants concernant la typologie des signes : les enfants sourds, à l'inverse des entendants, semblent plus enclins à favoriser les signes prédicatifs plutôt que nominaux (Rinaldi et al., 2014). Sans différence avec le développement du langage chez les entendants, l'association de signes survient entre 16 et 24 mois et se poursuit par l'apparition des premières structures syntaxiques simples entre 22 et 26 mois (Anderson & Reilly, 2002; Lillo-Martin et al., 2023; Lillo-Martin & Henner, 2021). Les structures syntaxiques plus complexes (e.g. les expressions faciales, l'utilisation de l'espace en 3D) sont manipulées plus tardivement mais toujours en adéquation avec le développement observé chez l'entendant.

¹⁵ Les sourds en LS unique sont invariablement confrontés au monde entendant dans leur vie quotidienne et doivent traiter la LV sur un mode visuel, même sans accès phonologique sonore. Ils peuvent à ce titre être considérés comme « bilingues intramodaux ». « Bogliotti & Isel (2021) proposent le terme de *bilinguisme intramodal* pour désigner la situation de *bilinguisme LS-LV des sourds non appareillés et qui traitent la LV par le biais de la modalité signée* » Perin (2024, p. 16). Nous adopterons également ce terme.

¹⁶ CODAs (*Child Of Deaf Adult(s)*) : enfants entendants de parents sourds signants

2.2.2. *Enfants sourds bimodaux, en Langue des Signes et Langue Vocale*

Le bilinguisme bimodal (une communication en LV et LS) se caractérise par la simultanéité des informations en langue vocale (LV) et en langue des signes (LS), nommé *Code-Blending* (CB). Ce CB, utilisé fréquemment par les sourds bimodaux et les CODAs, est plus utilisé que le *Code-Switching* (séquentialité de la LV et LS) (Emmorey et al., 2005; Tang, 2024). Estève (2011) montre que les signants peuvent adopter un CB influencé par la syntaxe de la LV, soit par celle de la LS selon les inputs dominants et selon l'acceptation « sociale » de la langue considérée dans le contexte d'énonciation (Baker & Van Den Bogaerde, 2008; Baker & Woll, 2008). Cette simultanéité, contrairement aux techniques artificielles de communication totale, représente une activation naturelle des deux langues (Emmorey et al., 2012). La typologie du CB est donc, en partie, le reflet de la quantité d'input d'une langue par rapport à l'autre. Or, la quantité d'input jouerait un rôle clé dans le développement des langues, en cas de bilinguisme bimodal.

Développement de la LV chez les Bilingues Bimodaux

Goodwin et Lillo-Martin (2023) montrent que le développement de la LV chez les enfants bilingues ASL-LV est affecté principalement par le délai d'input auditif, consécutif à l'implantation cochléaire chez les enfants sourds. Comparés aux monolingues, les bilingues bimodaux présentent une acquisition de la LV similaire à celle des bilingues unimodaux (LV1-LV2). Les auteures défendent donc la nécessité d'un bilinguisme équilibré entre les deux langues pour permettre aux enfants sourds de développer une LV et une LS harmonieuses. Par contraste, Geers et al. (2017) suggèrent l'absence de bénéfice(s) de la pratique d'une LS en cas d'implantation cochléaire et l'importance d'un input linguistique en LV unique. Néanmoins, la mise en perspective des performances des enfants implantés bimodaux de cette étude avec celles de bilingues bimodaux entendants sur ces mêmes tâches (e.g. CODAs d'âge auditif appariés) et/ou en séparant en deux le groupe bilingue bimodal selon le degré d'input (input équilibré entre les deux langues vs. un input inégal) aurait certainement permis de nuancer les conclusions des auteurs.

Développement de la LS chez les Bilingues Bimodaux

Les travaux de Caselli et al. (2021) montrent qu'il est possible pour des parents entendants de fournir un input en LS adapté. Les enfants exposés avant l'âge de 6 mois à la LS, et dont les parents se sont investis dans l'apprentissage de la LS précocement, atteignent ainsi des niveaux de langage en LS comparables à ceux de leurs pairs sourds de parents sourds signants. Ceux exposés plus tardivement (entre 6 mois et 3 ans) connaissent, en revanche, un retard lexical en LS, partiellement compensable ultérieurement si l'input LS est suffisant.

Plus que le fait d'oraliser/vocaliser ou non, c'est alors la différence entre bilingues bimodaux signeurs précoces et tardifs qu'il faut considérer. Ainsi, les signeurs natifs (ou précoces) semblent posséder de meilleures compétences en LSF, tant sur le plan phonologique que lexical, par rapport à leurs pairs non-natifs (tardifs), et ce indépendamment du fait qu'ils utilisent ou pas la LV. L'âge auquel est acquis la LSF apparaît comme un facteur essentiel de son développement ultérieur (Bogliotti et al., 2020).

Néanmoins, Bogliotti (2023), citant les travaux menés dans le cadre de la thèse de Puissant-Schontz (2020), estime que la distinction entre signeurs natifs et tardifs est insuffisante pour refléter la diversité des profils linguistiques des enfants sourds. Elle propose donc un Indice de Potentiel Langagier (IPL) qui intègre divers facteurs (physiologiques, psycholinguistiques, socio-éducatifs, socio-affectifs, socio-culturels et démographiques), offrant ainsi une approche plus "écologique et réaliste" de la surdité. Cet indice vise à situer les compétences langagières des enfants sourds sur un continuum typique-atypique-pathologique.

La communauté scientifique semble encore débattre de l'intérêt et des conséquences de la pratique d'une LS unique ou associée à la LV comme de l'impact de la LS sur la LV. Le choix de langue(s) aura pourtant des implications fondamentales sur les compétences attendues pour entrer dans la lecture.

2.3. Difficultés pour l'entrée dans la lecture selon le choix de langue

Vincent-Durroux (2014) explique que le choix de la langue des signes unique ne s'impose qu'aux familles dont les parents sont eux-mêmes sourds et signeurs, soit 4% des enfants sourds. Pour les enfants sourds issus de familles entendantes, LV unique ou bilinguisme LV/LS sont préférés. Comme Lyness et al. (2013) ou Hall et al. (2019), beaucoup de chercheurs alertent sur les effets néfastes d'une privation de langage pendant les périodes sensibles précoces. Ils soulignent qu'aucune preuve d'un effet délétère de l'usage d'une LS en cas d'implantation cochléaire n'est avérée et que la réorganisation intermodale du cortex auditif se produit qu'une LS soit utilisée ou non. Les enfants implantés cochléaires bénéficieraient, au contraire, de la plasticité multimodale pour développer la perception de la parole (Mushtaq et al., 2020). C'est ce qui devrait motiver, selon eux, l'usage précoce d'une LS même en cas d'implantation cochléaire. Cependant, ce choix d'un bilinguisme LV/LS est rare car beaucoup de familles entendantes pensent plus facile de transmettre leur LV uniquement. Il est fréquent que le bilinguisme s'impose alors tardivement et résulte de l'échec ou de la lenteur de développement de la LV (Humphries et al., 2019, 2024). Dans ce cas, la LS se développerait alors grâce aux interlocuteurs extérieurs (enseignants sourds, associations, interprètes, etc.) mais la privation de langage précoce resterait partiellement dommageable au développement du langage de l'enfant (Caselli et al., 2020). Dans ce contexte, il existe une grande hétérogénéité de profils d'enfants signeurs

selon qu'ils sont bilingues intramodaux ou bimodaux et selon la précocité, la quantité ou la qualité des inputs qu'ils reçoivent. Toutefois, quel que soit le contexte développemental de la langue, la LSF ne s'écrit pas et les enfants sourds apprennent donc à lire en français même lorsqu'ils n'accèdent pas ou peu à la phonologie sonore de cette langue. Ainsi, « *les enfants sourds sont rarement dans un milieu scolaire dans lequel les apprentissages peuvent se dérouler dans la seule langue qui leur est naturellement accessible* » (Bogliotti, 2023, p. 13).

De fait, ce constat pose des questions sur les enjeux et les méthodes d'apprentissage chez les enfants signeurs. Niederberger (2004) a examiné les différentes théories d'acquisition de la lecture chez les sourds pratiquant la LS en observant les défis que ces enfants doivent relever selon leur mono- et bilinguisme.

2.3.1. *Théorie de l'interférence : approche unique en LV*

Selon la théorie de l'interférence (Debyser, 1970), le monolinguisme en langue vocale est préférable, car les différences structurelles entre la langue des signes (LS) et la langue vocale (LV) pourraient créer des confusions pour les enfants sourds, rendant l'apprentissage de l'écrit difficile. Cette position considère, chez les enfants sans accès auditif, la LS comme néfaste pour l'acquisition d'une langue écrite. Dans cette hypothèse, les enfants sourds doivent maîtriser la langue vocale et aucune place n'est laissée à la LS, peu importe le contexte familial. La difficulté principale de ces enfants serait avant tout la maîtrise de la LV quelle que soit leurs perceptions auditives. Les théories actuelles sont plus modérées et proposent que la LS ne soit pas néfaste mais inutile dans le cadre de l'apprentissage de l'écrit car sans lien avec la phonologie de la LV.

2.3.2. *Théorie de la double discontinuité : approche bimodale LS/LV*

La théorie de la double discontinuité (Mayer & Wells, 1996) suggère que l'absence d'une langue des signes écrite et d'une langue vocale empêcherait les enfants sourds d'accéder à la langue écrite. En effet, en référence aux théories d'acquisition bilingue des langues vocales/écrites, deux schémas de transfert linguistique sont envisagés (Mayer & Akamatsu, 1999). Aucun ne peut s'appliquer aux enfants sourds sans langue vocale :

- (a) une L1 vocale mène à une L1 écrite, facilitant l'apprentissage direct d'une L2 écrite, ou
- (b) une L1 orale (LS) conduit à une L2 vocale, permettant l'apprentissage de la L2 écrite.

En l'absence d'écriture de la LSF ou de développement d'une LV, l'apprentissage de l'écrit se révélerait alors impossible. Le seul moyen d'entrer dans le français écrit serait, de ce fait, l'acquisition du français vocal préalablement à l'apprentissage de l'écrit. La prévalence d'enfants sourds nés de familles entendantes, les progrès technologiques (tel que l'implant cochléaire dont sont équipés de plus en plus d'enfants sourds profonds) ainsi que les travaux sur les bénéfices du bilinguisme (voir par exemple Genesee, 2009) amènent donc, selon cette théorie, à la défense d'un bilinguisme bimodal (LS/LV) chez les enfants sourds. Les difficultés de ces enfants pour entrer dans la lecture relèveraient principalement de la maîtrise des deux langues. Ormel et Griezen (2014) interrogent, de manière subtile, le niveau suffisant de perception auditive de la LV et de qui décide que ce niveau est suffisant pour adopter un parcours d'apprentissage orienté vers l'oralisme ou non. Ils soulignent les risques sur le développement linguistique de l'approche consistant à « attendre et voir » alors que les bénéfices d'apprendre précocement une LS « naturelle » (sur laquelle pourront se forger les apprentissages) sont importants.

L'étude de Tang et al. (2014) est à ce titre très intéressante. Des enfants sourds sévères à profonds Hongkongais (appareillés, implantés ou non) inclus dans un programme multilingue (cantonais oral, chinois écrit et LS honkongaise « HKSL ») ont été comparés sur leurs connaissances grammaticales dans ces trois langues respectives. La durée d'input des trois langues et le statut auditif parental ont été relevés. Les résultats ont montré que, plus les enfants étaient exposés précocement à un environnement multilingue, plus la relation entre les langues qu'ils apprenaient devenait forte. En effet, une relation étroite et unique était observée entre le cantonais oral et le Chinois écrit pour les enfants ayant appris plus tardivement la HKSL. Les enfants avec de faibles perceptions de la parole comptaient davantage sur la HKSL et le chinois écrit. En revanche, ceux ayant été exposés de manière soutenue aux trois langues pendant plus de 60 mois, ont montré des interactions significatives entre chaque paire de langues. Ces observations suggèrent que la durée d'exposition continue à chaque langue joue un rôle crucial dans le renforcement des relations entre elles. Par une méthode de clusterisation, les auteurs ont également démontré que les enfants qui possédaient de meilleures performances globales et équilibrées entre les trois langues étaient ceux qui avaient bénéficié d'aides auditives précoces (peu importe le système d'appareillage) et avaient été exposés précocement à la HKSL (notamment lorsque leurs parents étaient sourds). En d'autres termes, le multilinguisme précoce chez les sourds pourrait contribuer à l'acquisition de meilleures compétences linguistiques par un effet interactif positif entre les langues.

Cette recherche souligne également que certains enfants avec de faibles perceptions auditives parviennent à s'appuyer sur la LS pour construire une L2 écrite. Elle valide donc l'hypothèse d'un

transfert possible et direct entre la LS et l'écrit comme proposé dans la théorie de la corrélation positive.

2.3.3. *Théorie de la corrélation positive : approche bilingue LS/écrit*

La théorie de la corrélation positive développée par Cummins (2000) propose, en effet, que la connaissance d'une L1 peut soutenir l'apprentissage d'une L2 écrite. Ce transfert aboutirait à l'interconnexion des deux systèmes si une exposition suffisante à la L2 et une réelle motivation pour apprendre cette L2 existent (Cummins, 2017). Autrement dit, la connaissance de la LSF permettrait le développement du français écrit (même non connu vocalement) si l'acculturation littéraire au français est précoce, le niveau de maîtrise de la LSF est élevé et la motivation pour l'apprentissage du français écrit existe. Le transfert d'une langue à l'autre pourrait se réaliser via la dactylographie mais surtout via le développement de compétences métalinguistiques acquises en LSF.

Pour l'ASL et l'anglais, Caldwell-Harris et Hoffmeister (2022) expliquent que même en l'absence de production de la LV, la maîtrise d'une LS permet, en effet, l'accès à la langue écrite. Autrement dit, les auteurs rejoignent l'idée d'un transfert possible de la LS L1 à la L2 écrite, comme décrit dans l'étude de Tang et al. (2014). La réussite de ce transfert tiendrait à plusieurs facteurs dont la successivité¹⁷ de l'apprentissage des langues (Drasgow, 1993). Ainsi, l'acquisition naturelle de la LS L1 devrait précéder l'apprentissage explicite de la L2 écrite. La première raison à cela est que l'acquisition précoce et « naturelle » d'une LS offrirait une base linguistique solide, nécessaire aux interactions mais aussi à l'analyse ultérieure de l'écrit. Apprendre simultanément LS et écrit ne respecterait pas le statut différent de chacune des langues (acquisition naturelle/implicite vs. acquisition par apprentissage explicite). En outre, cela imposerait une difficulté supplémentaire aux enfants sourds pour analyser l'écrit sans nécessairement posséder les bases de leur première langue pour interpréter/comprendre les textes. Enfin, accorder un statut similaire à la LS et à la langue écrite reviendrait à occulter le besoin/l'usage de ces langues : la première étant une langue « native » utilisée pour l'apprentissage de la seconde, et non l'inverse.

En LSF et français écrit, Périni (2013) propose que, sur le plan scolaire, la LSF joue un quadruple rôle : celui de langue de communication, celui d'aide à la formalisation de la pensée avant le passage à l'écrit,

¹⁷ La théorie translinguistique de simultanéité d'apprentissage des langues propose également que les langues ne soient mises en contact qu'avec un niveau syntaxique de LS suffisant et préconisent une forme de séparation des langues ainsi qu'une immersion en LS au démarrage de l'apprentissage, en cas de retard (Gárate-Estes et al., 2021; García, 2009).

celui de métalangue pour parler de l'écrit et, plus encore, celui d'un médiateur vers une analyse contrastive entre LSF/français.

Ces théories expliquent les différents modèles de lecture suggérés pour l'identification de mots chez les enfants sourds. De ce fait, 3 familles de modèles sont identifiables : 1/ Les modèles proposant une entrée phonologique sonore dans l'écrit ; 2/ Les modèles proposant une entrée dans l'écrit phonologique sonore et via la LS ; et 3/ Les modèles proposant une entrée dans l'écrit via uniquement la LS. Ils permettent de comprendre les étapes cognitives qui offrent aux enfants sourds la possibilité d'entrer dans la lecture.

3. Modèles d'identification des mots chez les enfants sourds

Peu de modèles spécifiques aux enfants sourds existent. Ils détaillent brièvement les processus en jeu et aucun n'intègre la théorie d'auto-apprentissage explicitement. Nous allons observer leurs spécificités selon qu'ils s'appuient ou non sur des processus phonologiques de la langue sonore.

Un consensus semble accepté concernant les sourds oralisants qui démontreraient des processus phonologiques proches de ceux des entendants mais plus dégradés. L'appui sur les modèles à double voie, entendants est donc accepté. Chez les sourds signeurs le débat entre l'activation ou non de représentations phonologiques continue d'alimenter, en filigrane, celui du choix de la LS ou de la LV. Pour certains, les signeurs développeraient des compétences phonologiques sonores et/ou visuelles pour lire (Transler et al., 1999; Transler & Reitsma, 2005) et pas pour d'autres (Miller, 2002, 2006; Miller et al., 2021; Morford et al., 2011). Ces habiletés sont ainsi considérées importantes ou négligeables selon les théories et l'interprétation des résultats empiriques.

L'hypothèse phonologique est la plus documentée et s'appuie sur l'hypothèse plus générale de la « *Simple View of Reading* ». Nous présenterons le modèle QSH « *Qualitative Similarity Hypothesis* » (Paul, 2021; Paul & Lee, 2010) qui est un modèle spécifique aux enfants sourds, né de cette hypothèse phonologique. Nous poursuivrons avec des modèles bimodaux faisant intervenir la phonologie de la LV (phonologie sonore ou phonologie visuelle). Enfin, nous présenterons une dernière série de modèles de la lecture décrivant les étapes d'acquisition du lexique écrit et l'identification des mots écrits par le biais de la phonologie de la LS mais pas de la LV.

3.1. Modèle sourd basé uniquement sur la phonologie sonore

La « *Qualitative Similarity Hypothesis* » (QSH) (Paul, 2024; Paul & Lee, 2010) est un modèle anglophone qui aborde, comme la SVR (Trezek & Mayer, 2019), la question des processus d'apprentissage de la LV et de l'écrit mais est spécifique aux enfants sourds. Ce modèle conceptuel repose sur une synthèse des recherches concernant l'acquisition de l'oral (c'est-à-dire LV ou LS) ainsi que sur l'acquisition de la littéracie en anglais (la lecture et l'écriture).

L'hypothèse propose que la maîtrise de la LV soit un préalable essentiel pour acquérir les compétences de lecture et écriture (Paul, 2021; Paul & Lee, 2010). Le développement du langage et de la phonologie notamment, permettra aux locuteurs sourds de développer des compétences morphologiques, syntaxiques jusqu'aux compétences sémantiques. Cette phonologie de la LV (sonore et/ou visuo-labiale) est donc au cœur du développement des acquisitions ultérieures, que les enfants soient sourds oralisants ou signants. La QSH ne s'oppose pas à la pratique de la LS mais explique que la LS ne peut pas contribuer à la lecture car n'a aucun lien avec la phonologie de la LV.

Principes : Les principes fondamentaux qui facilitent l'acquisition de la LV et de l'écrit concernent le développement réceptif et expressif.

1/ Connaissance de la langue écrite : cela comprend la maîtrise des composants linguistiques comme la phonologie, la morphologie, la syntaxe, la sémantique et la pragmatique (utilisation de la langue en contexte).

2/ Conscience métalinguistique : cette compétence permet de réfléchir aux aspects linguistiques et aux relations entre la langue et l'écrit, comme les lettres, les sons, les correspondances grapho-phonémiques, les fonctions de l'écriture (pragmatique), les mots (sémantique) et les phrases (syntaxe).

3/ Mémoire phonologique : il s'agit de la capacité à retenir et manipuler des informations phonologiques, qui jouent un rôle crucial dans le traitement des sons et des mots.

4/ Capacités de compréhension : cela inclut le développement des connaissances préalables (textuelles, intertextuelles et culturelles), des compétences métacognitives (réflexion sur sa propre compréhension) et des compétences d'auto-régulation (gestion de l'apprentissage).

La théorie QSH propose que lorsque les apprenants passent par l'acquisition de la phonologie (via des appareillages et des méthodes comme visual phonics par exemple), en cascade, toutes les autres habiletés se développeront mais selon une trajectoire temporelle variable selon les individus. La

théorie QSH s'oppose à ce que Paul (2015) nomme la théorie « *Qualitative Differential Hypothesis* » (QDH), c'est-à-dire celle défendant l'existence de stratégies alternatives et différentielles chez les sourds (pour une discussion voir Beaujard & Perini, 2022; Paul, 2015). Cette dernière fait référence à la maîtrise de l'ASL et à la phonologie de l'ASL, pour le développement de l'anglais écrit, sans passage intermédiaire par la phonologie sonore (Allen & Morere, 2020; Caldwell-Harris & Hoffmeister, 2022; McQuarrie & Parrila, 2014).

Résultats principaux : La théorie QSH n'a pas été réellement mesurée quantitativement à notre connaissance. Néanmoins, Andrews et Wang (2015) rapportent que 9 équipes de recherche ont examiné, d'après leurs propres résultats aux différentes recherches publiées dans ce même N° de *l'American Annals of the Deaf* (2015), 3 questions concernant la lecture des élèves sourds ou malentendants par rapport aux élèves entendants. Elles ont exploré si le processus de lecture est : (a) qualitativement similaire à celui des entendants (QSH), (b) qualitativement différent (QDH), ou (c) à la fois similaire et différent. D'après leurs résultats expérimentaux et en vérifiant s'ils suivaient les principes de la QSH, les équipes impliquées relèvent que certains aspects de l'acquisition de la lecture chez les enfants sourds ressemblent à ceux des enfants entendants, ce qui rend défendable l'hypothèse de la QSH, indépendamment de la modalité linguistique. Deux équipes ont conclu que la recherche soutient à la fois les théories QSH et QDH.

En outre, une revue critique menée par Paul (2024) a regroupé des articles scientifiques s'étalant de 1990 à décembre 2023 (nombre non précisé) et portant sur les effets de la phonologie par rapport aux effets de l'ASL sur la lecture des personnes sourdes. Le but était d'observer les arguments théoriques en faveur de la QSH par rapport à la QDH, dénommée par Paul (2024), « *ASL-English Sign-Print mode* ». Les arguments énoncés par l'auteur seraient plutôt en faveur de sa propre théorie et non celle de l'ASL-English Sign-Print. Il appuie, notamment, sa position sur le nombre alarmant de jeunes sourds signants qui, à la fin de leur scolarité, possèdent un très faible niveau littéraire, soulignant que l'apprentissage de la lecture n'est donc pas qu'une question de temps mais que d'autres pré-requis sont nécessaires pour développer la lecture.

D'autres modèles ont cherché à expliquer également l'acquisition de la lecture chez les sourds via leurs stratégies multiples : leurs représentations sonores et visuelles de la phonologie de la LV, leurs stratégies visuo-orthographiques et en intégrant leurs compétences en LS.

3.2. Modèles sourds bimodaux LV et LS

3.2.1. *Modèle sourd basé sur une phonologie sonore de la LV et sur la LS*

Dans sa thèse, Daigle (2003) propose un modèle de lecture de l'enfant sourd quelle que soit sa langue dominante (LV et/ou LS). Ce modèle prend en compte diverses stratégies liées aux compétences développées par chaque enfant (phonologiques, morphologiques, visuo-orthographique) (voir Fig.14).

Fonctionnement : ce modèle repose ainsi sur une double procédure phonologique (basée sur les unités syllabiques et phonémiques) et/ou une procédure non phonologique (basée sur les unités morphologiques et les spécificités orthographiques visuelles) permettant, selon les compétences du lecteur sourd, d'identifier les mots écrits.

Les connaissances phonémiques et/ou syllabiques explicites apprises ainsi que les connaissances implicites liées à l'expérience de lecteur favoriseraient l'application de la correspondance grapho-phonémique et la réalisation de l'assemblage phonologique.

Les processus visuo-orthographiques sont implicites et sous-tendus par la sensibilité à la structure orthographique des mots. La sensibilité à la fréquence graphémique, le jugement de légalité et de plausibilité orthographique (suite orthographique constituant ou non un mot, suite de graphèmes possible ou non dans la langue écrite) seraient les marqueurs d'une conscience visuo-orthographique entrant en jeu dans les stratégies d'identification des mots écrits. En outre, les unités morphologiques (unités morphémiques de sens) contribueraient à l'identification des mots via le repérage de la structure morphémique des mots et le sens attribué aux unités considérées (Girette, 2019). La conscience morphémique proviendrait des connaissances explicites (appries à l'école) et implicites du lecteur (connaissances issues de la langue vocale et expérience avec l'écrit).

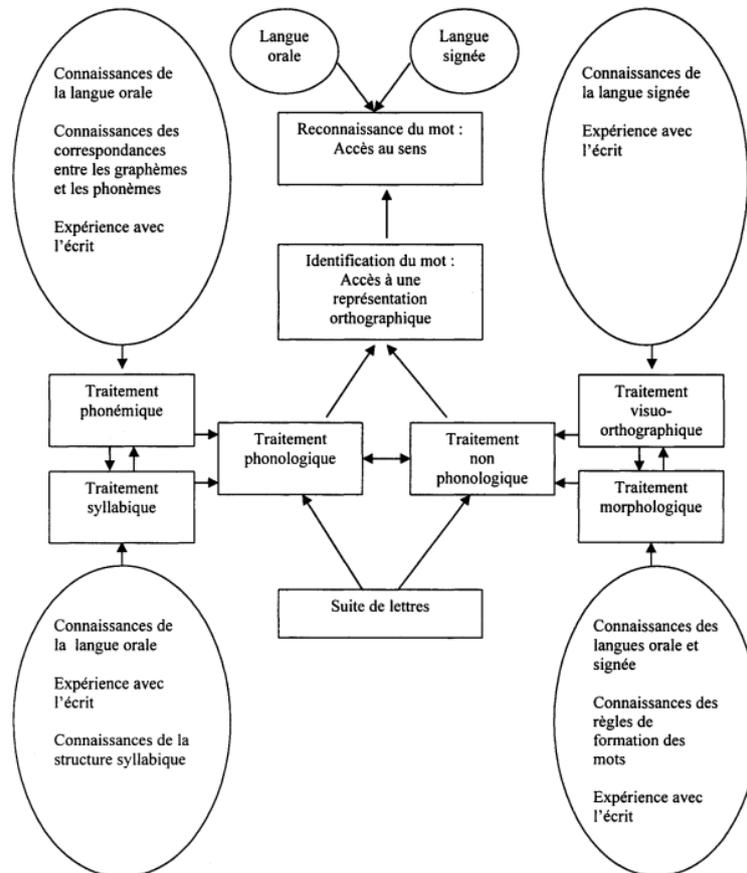


Figure 14 : Modèle de lecture des enfants sourds bilingues bimodaux de Daigle (2003) (issu de Daigle, 2003)

Enfin, un traitement de type analogique (Gombert, 2003) entre les processus phonologiques et non-phonologiques permettrait aux enfants sourds d'identifier la forme orthographique pour accéder ensuite au sens. Cela suppose, toutefois, que les lecteurs possèdent un niveau lexical suffisant dans leur langue (vocale ou signée) pour faire le lien entre l'identification écrite et le sens.

Ainsi, la LS pourrait permettre un accès au sens du mot écrit via le développement de compétences métalinguistiques transférables à l'écrit et le repérage d'unités pertinentes pour l'identification des mots. Ces unités sublexicales seraient accessibles grâce à la compréhension du principe de décomposition des paramètres de formation des signes offrant la possibilité de comprendre le principe de décomposition des mots écrits en unités plus petites, notamment morphémiques. Par ailleurs, des connaissances mêmes réduites en langue vocale pourraient soutenir les connaissances phonologiques et renforcer les représentations lexicales.

Chez les enfants sourds présentant des difficultés phonologiques, ce modèle a le mérite de présenter des points d'appui alternatifs et peut-être complémentaires à une conscience phonologique fragile.

Résultats principaux : Ce modèle résulte des travaux de thèse de Daigle (2003) au Canada et n'a pas été « évalué » à proprement parler. Sa recherche a examiné l'influence d'une large gamme de compétences (traitements phonémiques, syllabiques, morphologiques et visuo-orthographiques) sur la lecture de pseudo-mots (réussite et vitesse) chez 24 élèves sourds sévères à profonds pratiquant la LSQ (Langue des Signes Québécoise) et la LV à divers degrés. Les participants ont été classés selon leur âge et leur habileté en lecture. Les résultats de l'étude initiale montrent que les élèves sourds plus âgés et les lecteurs habiles ont recours à des traitements phonologiques (phonémiques et syllabiques). En revanche, les performances des lecteurs débutants ou des lecteurs plus âgés en difficulté avec l'écrit étaient moins claires, souvent liées au hasard. Les traitements morphologiques et visuo-orthographiques ont participé à la réussite en lecture chez tous les lecteurs. La lecture labiale était corrélée aux traitements phonémiques et morphologiques, tandis que le niveau en LSQ était lié aux traitements morphologiques et visuo-orthographiques. Aucune mesure de compétence linguistique n'était corrélée à la compréhension de la lecture, bien que les quatre traitements de lecture soient liés à la compréhension, suggérant que le lien entre compétence linguistique et compréhension est donc indirect. L'intelligibilité¹⁸ n'avait pas d'effet sur les résultats.

Un autre modèle ayant un fondement phonologique mais centré sur la phonologie visuelle uniquement est celui d'Elliott (2012).

3.2.2 *Modèle sourd basé sur la phonologie visuelle de la LV et la LS*

Le modèle *Dual Route Cascade* pour les Sourds (Elliott et al., 2012), que nous appellerons « DRC-s », est inspiré du modèle DRC de lecture à voix haute conçu pour les entendants (Coltheart et al., 2001). Il explique comment les sourds accèdent à la lecture en suivant le principe de la double voie. Avant cette proposition, aucun modèle ne décrivait de manière aussi précise les étapes cognitives, ni les unités sublexicales visuelles utilisées par les sourds lors de la lecture. Spécifiquement développé pour la langue allemande, il suppose que les sourds s'appuient sur la lecture labiale pour construire leurs représentations sublexicales, appelées « visèmes » (schèmes moteurs labiaux correspondant aux phonèmes d'une langue). Ces visèmes jouent un rôle similaire à celui des phonèmes chez les entendants.

Fonctionnement : Le modèle DRC-s (Fig .15) adopte une architecture à double voie, comme le modèle original. La recherche d'Elliott et al. (2012), qui est à l'origine de ce modèle, s'est concentrée sur la voie

¹⁸ L'intelligibilité fait référence au degré de précision de la parole vocale émise permettant d'être compris par ses interlocuteurs.

phonologique mais les deux voies de traitement sont conceptualisées et représentées. Le modèle explique la conversion grapho-phonémique (ou grapho-visémique dans ce cas) sur des mots monosyllabiques de huit lettres maximum. Les identités des lettres sont encodées dans des positions fixes, sans pondération d'activation, qui empêchent le modèle d'expliquer les effets de transposition des lettres (Reichle, 2021). Le traitement se fait en cascade et l'activation se propage sans seuil de déclenchement.

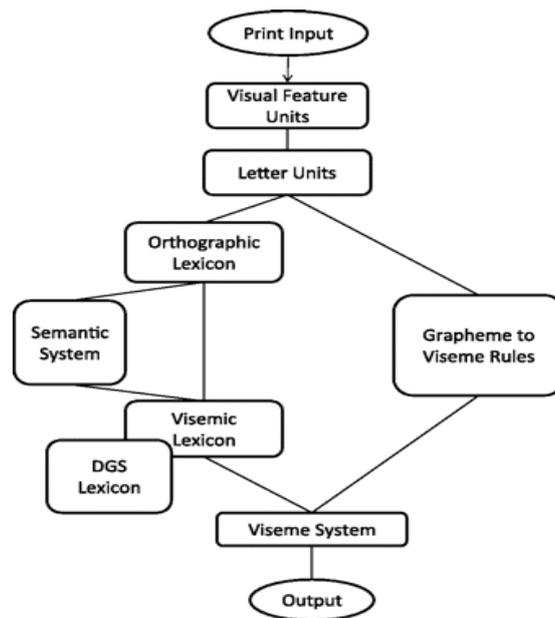


Figure 15 : Modèle DRC-s à double voie de lecture (fonctionnement en cascade) présentant les systèmes visémique et de langue des signes allemande (DGS) spécifiques aux sourds (issue de Elliott et al., 2012)

Dans cette adaptation pour les sourds, le modèle remplace les 43 phonèmes du modèle original (allemand) par 11 visèmes (plus une unité "vide"). Ces visèmes sont activés de manière synchrone avec les représentations lexicales lors de la lecture. Par exemple, pour le mot « *mann* », les lettres activent des détecteurs visuels qui, à leur tour, activent plusieurs mots homovisémiques partageant les mêmes visèmes (e.g. */pat/ ; /bann/ ; /mann/*). Ensuite, la conversion grapho-visémique suit un ensemble de règles pour générer une séquence de visèmes, activant ainsi le lexique visémique (correspondant aux représentations visuo-labiales des mots connus). Ce lexique visémique est connecté au lexique de la LS.

Contrairement au modèle original, le modèle DRC-s permet une activation bilingue, en incluant le lexique en Langue des Signes Allemande (DGS), distinct mais connecté au lexique visémique allemand. Les deux lexiques interagissent selon les principes de l'activation en cascade. L'information est donc propagée parallèlement jusqu'au système visémique général permettant la production signée du mot.

Résultats principaux : Une tâche équivalente à l'effet de pseudohomophonie mais via les visèmes (pseudohomovisémie) a été créée afin de tester le modèle et les facteurs qui influencent la lecture des adultes sourds. 280 stimuli, dont la moitié de mots (fréquents ou rares) et l'autre de non-mots (homovisèmes ou non, dérivés de mots fréquents ou rares) ont été construits. Parmi les 21 participants sourds prélinguaux (> 70 dB de perte), 4 d'entre eux étaient des signeurs natifs, 10 des signeurs précoces et les 7 autres, des signeurs tardifs. Aucun n'était implanté et tous avaient suivi un parcours scolaire oraliste avec *cued speech*. Leur niveau d'orthographe avait été vérifié sous dictée. La tâche de décision lexicale était informatisée. Un stimulus mot/non-mot écrit apparaissait à l'écran et le participant devait juger de la lexicalité par oui ou non en appuyant sur un bouton.

Les résultats indiquent un effet de fréquence marqué par des temps de réaction plus rapides sur les mots fréquents que rares, un effet de lexicalité marqué par des temps de réponses plus rapides aux mots qu'aux non-mots et un effet de pseudohomovisémie marqué par des temps plus rapides sur les mots contrôles que sur les pseudohomovisèmes. Toutefois, une grande variabilité était constatée. Parmi les participants, tous sont sensibles à la fréquence mais 4 sont insensibles à la lexicalité et 6 insensibles à la pseudohomovisémie. Les auteurs concluent donc que ce modèle apporte les premières preuves d'une conversion grapho-visémique chez les sourds en lecture. Ces preuves, qui demandent néanmoins à être confirmées, vont dans le sens du modèle QSH.

Chacun de ces modèles offre une opportunité de mieux comprendre les fonctionnements de lecture des enfants sourds à travers des processus phonologiques. En effet, ils suggèrent tous que l'accès aux unités sublexicales permet l'accès lexical mais aucun d'eux ne décrit précisément le processus d'identification lexicale écrite, ni la façon dont se construisent les représentations orthographiques. Ils suggèrent toutefois que l'acquisition de la phonologie visuelle et/ou sonore de la LV participera à la reconnaissance lexicale contrairement aux modèles de lecture sourds qui s'appuient sur un accès lexical sans phonologie de la LV.

3.3. Modèles sourds sans phonologie de la LV

Les modèles de lecture de mots pour enfants sourds sans phonologie s'appuient sur le modèle théorique LQH (*Lexical Quality Hypothesis*) (Perfetti & Hart, 2002) qui propose que la qualité lexicale ouvre à l'automatisation de la lecture de mots puis au développement des capacités de traitement vers une compréhension fluide. L'identification de mots écrits ne procède donc pas, au départ, par un décodage obligatoire. L'accès au sens est privilégié pour identifier des mots.

Les modèles sourds de lecture sans appui sur la phonologie de la LV ont été conçus pour les bilingues intramodaux ou bimodaux qui suivent un parcours bilingue intramodal (biculturel) et qui apprennent donc à lire sans apprentissage explicite de la phonologie de la LV. Ces modèles, moins centrés sur le mot écrit mais sur un ensemble de facteurs socioculturels favorisant l'acquisition de la lecture (e.g. le modèle « visuel multilittéracique » de Kuntze et al., 2014) proposent de s'appuyer sur l'acquisition de la LS, le développement de l'engagement visuel, l'alphabetisation émergente, la médiation sociale et l'écrit, la culture sourde et les médias (vidéos par exemple). Au niveau de l'identification du mot écrit, ils s'appuient cependant, comme le modèle LQH, sur l'accès lexical. Ils sont surtout reliés au parcours scolaire bilingue (LS/écrit) et à une méthode d'apprentissage visuo-sémantique de la lecture mais ils semblent s'appliquer principalement aux enfants sourds signants natifs (c'est-à-dire nés de parents sourds signants) (Hoffmeister & Caldwell-Harris, 2014).

3.3.1. Principes généraux d'acquisition de la lecture (du mot au texte)

Caldwell-Harris et Hoffmeister (2022) rappellent que le modèle proposé est un modèle à étapes (Fig.16), chacune permettant une augmentation graduelle de l'accès au sens de l'écrit sur le principe de la littéracie émergente (pour une description voir Beaujard & Garcia, 2020).

Nous empruntons cette description à Hoffmeister & Caldwell-Harris (2014), à l'origine de ce modèle.

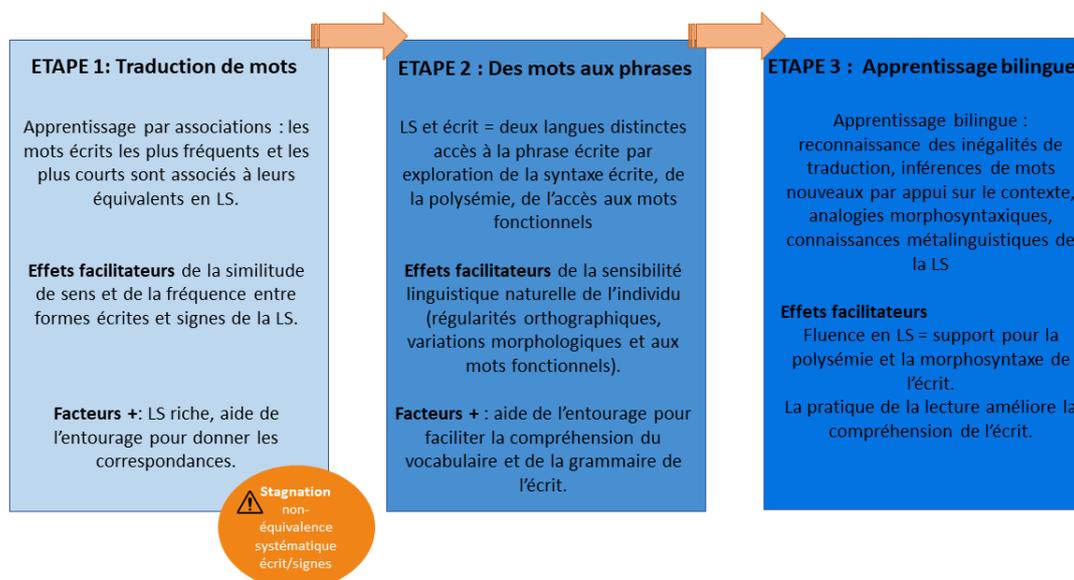


Figure 16 : Représentation schématique du modèle de lecture bilingue (LS/écrit) à étapes (initialement proposé pour l'ASL) (adaptée de Hoffmeister & Caldwell-Harris, 2014)

Etape 1 : Traduction mots/signes

Au début de l'apprentissage de la lecture, les enfants sourds qui maîtrisent la LS commencent par associer des mots écrits à des signes simples qu'ils connaissent déjà. Par exemple, ils vont relier des mots fréquents et concrets comme "chat" ou "fille" à leurs signes correspondants en LS. Ces associations sont facilitées par la fréquence d'occurrence du signe et du mot écrit comme par la similitude de sens entre les deux langues. Les parents ou enseignants jouent un rôle essentiel en renforçant ces associations en montrant simultanément les mots écrits et les signes. Parfois, des objets du quotidien permettent également à l'enfant d'établir rapidement cette connexion entre les signes et les mots. Ce processus se fait en grande partie grâce à la répétition et au soutien visuel. Après un moment de forte progression, une stagnation des acquisitions est observée car la correspondance mot/signe est imparfaite.

Etape 2 : Passage des mots aux phrases complexes

À mesure que les enfants progressent, ils se rendent compte que l'association directe entre un mot écrit et un signe ne fonctionne pas toujours. Certains mots ou expressions écrites ne peuvent pas être traduits facilement en langue des signes par un seul signe. Par exemple, une phrase comme "prendre le bus" peut prêter à confusion si l'enfant essaie de la traduire littéralement. Cette étape exige de l'enfant qu'il comprenne que l'écrit et la LS ont des structures différentes. C'est souvent à ce moment que les enfants peuvent rencontrer des difficultés, notamment avec les mots qui ont plusieurs significations (comme "prendre" : le bus, un café, son cahier), et peuvent se décourager face à la complexité de la langue écrite. Ils sont aidés lorsqu'ils repèrent des régularités orthographiques et morphologiques ainsi que selon leur degré d'accès aux mots fonctionnels.

Etape 3 : Apprentissage bilingue avancé

Dans cette dernière étape, les enfants sourds apprennent à naviguer entre les deux langues de manière plus fluide. Ils comprennent que l'écrit n'est pas juste une traduction mot à mot de la LS et que les phrases doivent être interprétées globalement. Grâce à leur connaissance de la LS, ils peuvent utiliser le contexte pour deviner le sens de nouveaux mots et améliorer leur compréhension de l'anglais écrit. C'est à ce moment qu'ils commencent à utiliser la lecture pour enrichir leur vocabulaire et approfondir leur maîtrise de l'écrit. Bien que les enfants sourds n'aient pas autant d'opportunités d'interagir à l'écrit dans la vie quotidienne que les apprenants entendants, ils peuvent encore progresser grâce à la lecture et l'écriture, avec parfois l'aide de la technologie (mails, sms, tchat...).

Ces trois étapes montrent l'évolution d'un apprentissage initialement basé sur des correspondances simples vers une compréhension plus complexe et contextuelle de l'écrit, en s'appuyant sur les compétences acquises en LS.

La première étape correspond donc à l'association entre un mot et un signe. Elle est essentielle pour la suite du processus de lecture. Hermans et al. (2008a) puis Ormel et al. (2012) ont ainsi proposé des modèles décrivant plus spécifiquement la lecture de mots, correspondant à cette première étape.

3.3.2. *Modèle d'apprentissage du lexique écrit pour les sourds (Hermans et al., 2008a)*

Le modèle d'apprentissage des mots écrits (Hermans et al., 2008a) propose de subdiviser l'étape 1 du modèle précédent (traduction mots/signes) en trois phases actives (Fig.17) pour expliquer la constitution des représentations orthographiques de mots chez les enfants sourds bilingues :

Dans la première phase développement lexical (nommée « *word association* »), les enfants sourds créent des liens entre les mots écrits et leurs équivalents en langue des signes, en ne retenant que des informations orthographiques, sans inclure de détails morphologiques, syntaxiques ou sémantiques. Pour comprendre la signification des mots écrits, ils doivent recourir à la langue des signes. Cela commence très précocement. Par exemple, les enfants sourds utilisant la LSF entrent en parallèle dans l'identification et l'écriture des mots. Dès la maternelle, avant même l'apprentissage formel, leurs écrits sont déjà empreints des stratégies visuelles de la LSF bien que limitées aux lettres initiales au début (e.g. lettre initiale correspondant au signe initialisé, lettre initiale inspirée de la configuration de la main de la LSF) (Beaujard, 2021; Beaujard & Garcia, 2020).

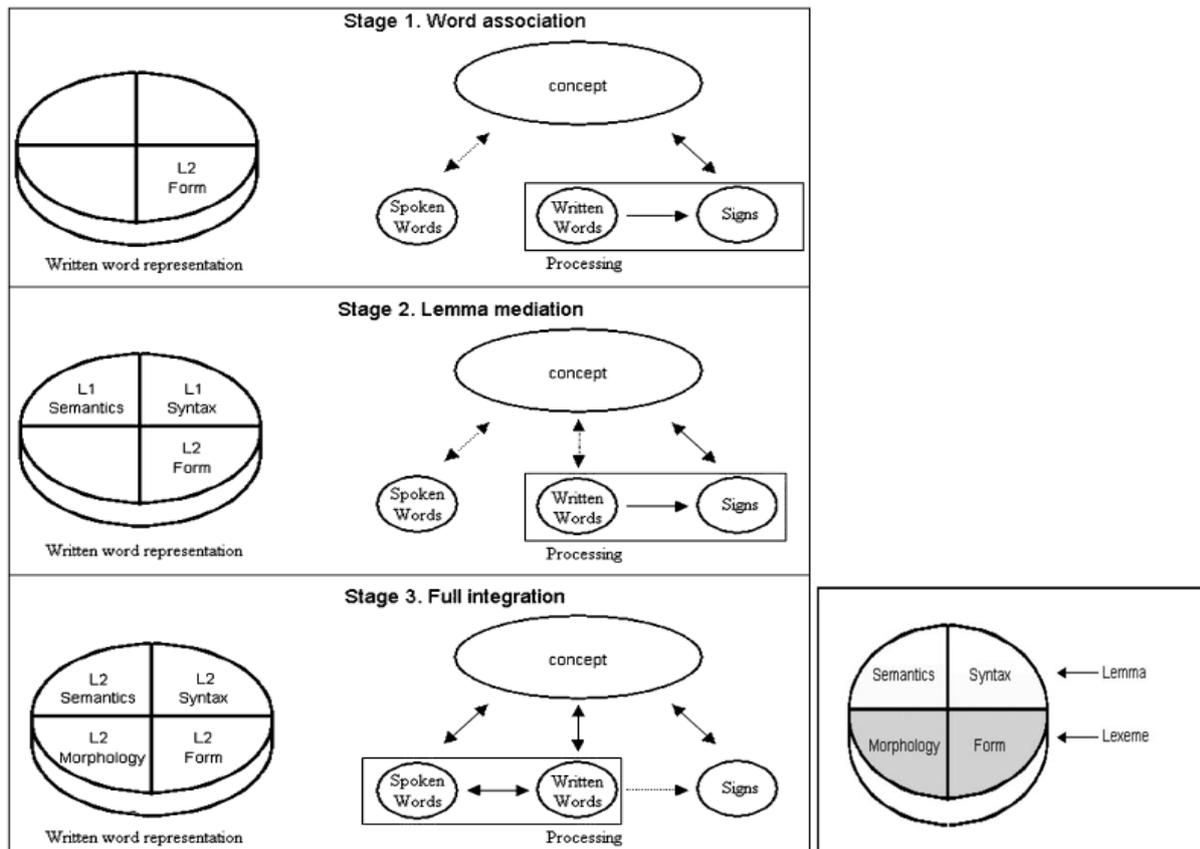


Figure 17 : Modèle d'apprentissage du vocabulaire écrit pour les sourds et définitions des lemmes (syntaxe/sémantique) et des lexèmes (orthographe et morphologie) inclus dans le modèle (issue de Hermans et al., 2008a)

Lors de la seconde phase (nommée « *Lemma mediation* »), les caractéristiques syntaxiques et sémantiques (les lemmes) de la LS sont intégrées à la représentation du mot écrit, ce qui établit un lien direct avec le système conceptuel. À ce stade, bien que la LS ne soit plus indispensable pour reconnaître les mots écrits, elle continue de les aider dans cette reconnaissance.

La troisième phase (nommée « *full integration* ») se caractérise par des entrées lexicales qui comportent des spécifications adéquates. À ce niveau, les mots écrits sont étroitement liés au système conceptuel ainsi qu'aux connexions avec la langue parlée (lexèmes). Toutefois, Hermans et al. (2008a) notent que de nombreux mots écrits acquis par les enfants sourds dans des programmes d'éducation bilingue n'atteignent pas cette troisième étape, et la médiation par le lemme devient alors la norme dans le traitement lexical.

Il s'agit donc d'un modèle expliquant les phases d'acquisition du lexique écrit. Il n'explique pas comment les processus d'intégration lémmatique et lexémiques se déroulent et ne rend pas compte de l'activation lexicale contrairement au modèle d'activation interactive des sourds bilingues proposé par Ormel et al. (2012).

3.3.3. Modèle « Deaf Bilingual Interactive Activation model » (Ormel et al., 2012)

Inspiré du modèle d'activation bilingue chez les entendants « BIA+ » (*Bilingual Interactive Activation model*) de Dijkstra & Van Heuven (2002) et à partir d'une expérimentation par association mot-image, le modèle « *Deaf Interactive Activation model (DIA)* » décrit l'identification de mots écrits (Fig.18).

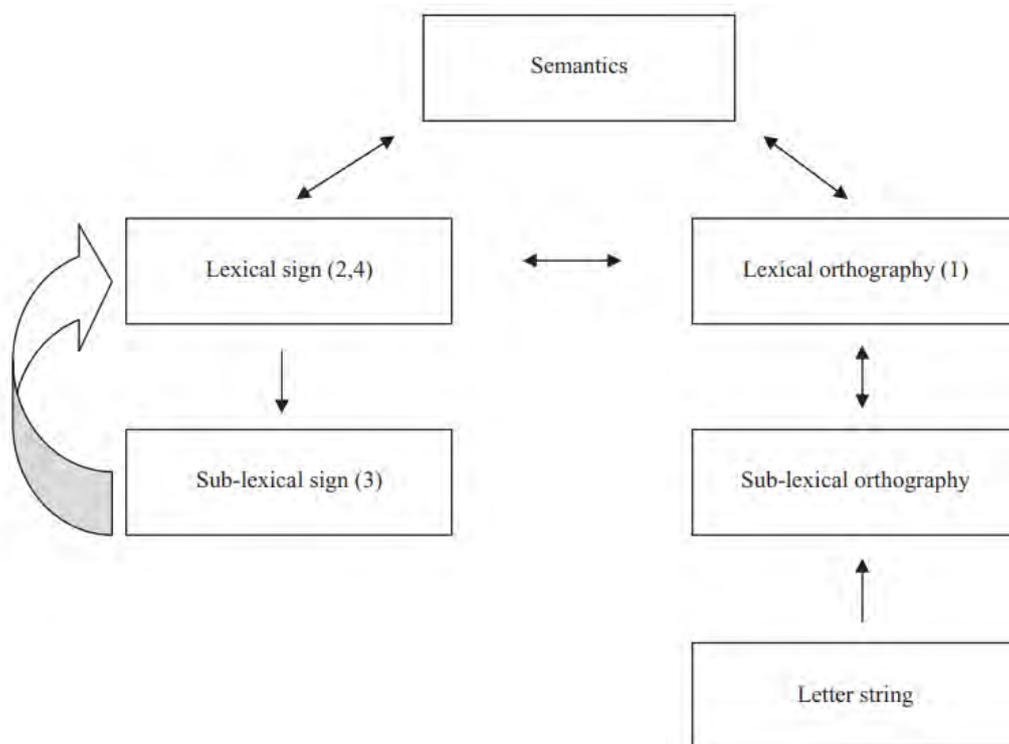


Figure 18 : « Deaf Bilingual Interactive Activation model » (issue de Ormel et al., 2012)

Dans « BIA+ », lorsqu'une séquence de lettres est présentée, chaque position de lettre active des caractéristiques spécifiques qui activent à leur tour les lettres correspondantes à cette position tout en inhibant celles qui ne correspondent pas. Ces lettres activées, à leur tour, activent des mots dans les deux langues, si ces mots contiennent la lettre à cette position. Tous les autres mots sont inhibés. Au niveau du mot, tous les mots activés s'inhibent mutuellement, quelle que soit la langue à laquelle ils appartiennent. Les mots de la même langue envoient des signaux d'activation à un nœud linguistique, tandis que ce nœud envoie une rétroaction inhibitrice aux autres mots de la même langue, optimisant ainsi la reconnaissance du mot dans une des langues.

Dans « DIA » (Ormel et al., 2012), les processus d'activation suivent des étapes proches mais le modèle contient également des particularités via un module spécifique lexical du signe (2,4) et un module regroupant les composants sous-lexicaux du signe (3, sur la figure 18) :

Activation orthographique : Lorsqu'un enfant sourd voit une suite de lettres (e.g. P, O, M, M, E), les éléments sublexicaux orthographiques activent l'orthographe du mot cible (on suppose par un codage spatial des lettres comme dans « BIA+ », mais les auteurs ne le spécifient pas). Une cible lexicale orthographique est alors activée (1, sur la figure 18).

Activation de la traduction en langue des signes : la cible lexicale orthographique correspondant au signe dans le lexique mental en langue des signes est activé à son tour. Le signe lexical est ainsi « mentalement » déclenché (2, sur la figure 18).

Activation de la phonologie des signes : Les éléments sublexicaux du signe (les paramètres comme le mouvement, la configuration, la localisation et l'orientation des mains) sont également activés (3, sur la figure 18). Par exemple, en voyant le mot écrit « pomme », le lecteur activera le signe « pomme », ainsi que ses voisins « paramétriques proches » c'est-à-dire d'autres signes partageant des similarités phonologiques du signe (comme les signes « gâteau », « soleil », « orange », dans cet exemple). Cette activation multiple peut créer des conflits entre des signes similaires phonologiquement (au sens des paramètres) mais conceptuellement différents (comme « pomme » et « soleil »). Le temps d'identification est alors allongé à cause de l'effet d'inhibition phonologique lié à l'interférence des éléments sous-lexicaux similaires des signes.

Le modèle laisse ouverte la question de savoir si la phonologie des signes intervient avant ou après l'accès au sens d'un mot écrit. En revanche, l'étude d'Ormel et al. (2008) souligne également le rôle facilitateur de l'iconicité des signes (c'est-à-dire la ressemblance entre un signe et son référent). L'iconicité aide les enfants sourds à reconnaître les mots écrits plus rapidement et avec plus de précision. Cela suggère que la relation visuelle entre l'iconicité du signe et l'image associée facilite le traitement des mots écrits.

Résultats du modèle : Plusieurs études ont utilisé une tâche de jugement sémantique, chez des adultes et des enfants sourds pour vérifier l'influence du lexique signé et des paramètres du signe sur l'identification de mots écrits (Morford et al., 2017; Villwock et al., 2021).

La tâche des participants consiste à indiquer si des paires de mots écrits sont reliées par leur sens. Ainsi, les stimuli utilisés sont constitués de paires reliées ou non sémantiquement mais au sein de chaque paire reliée ou non, les mots partagent soit une forte proximité paramétrique, soit non. Par exemple, « canard et oiseau » sont reliés sémantiquement et ont aussi une forte proximité paramétrique. En revanche, « loup et chien » sont reliés sémantiquement mais n'ont pas de relation paramétrique proche. D'autres mots ne sont pas reliés sémantiquement mais partagent une forte

proximité paramétrique (« maison et demande ») quand d'autres mots n'ont ni relation sémantique, ni paramétrique (« arbre et lunettes »). Les résultats des études sont convergents et montrent que les réponses des lecteurs sourds sont plus rapides que celles des entendants aussi bien pour les paires sémantiquement reliées que non reliées. Dans le cas des paires reliées, les réponses des sourds sont significativement plus rapides lorsque les paramètres de la LS sont proches. Ce n'est pas le cas sur les mots non reliés sémantiquement. Aucun effet de ce type chez les entendants n'a émergé.

De ce fait, les sourds accèderaient plus rapidement à la signification des mots écrits parce qu'ils ne dépendent pas autant des correspondances entre l'orthographe et la phonologie de la LV que les entendants (en particulier, dans des langues opaques, où les correspondances entre l'orthographe et la phonologie de la LV sont parfois imparfaites). Ils contourneraient l'étape phonologique en tirant avantage de la relation directe entre forme orthographique, forme lexicale et sens. Cela conforte donc le modèle d'Ormel et al. (2012). De plus, les preuves d'activation de la LS sont avérées par les études en neuroimageries (pour une revue voir Ormel & Giezen, 2014). Plus spécifiquement, l'activation de la LS en reconnaissance de mots écrits prouve l'interaction des systèmes linguistiques LS/écrit (Morford et al., 2014; Ormel et al., 2012). Villwock et al. (2021) indiquent que ce modèle est cohérent avec d'autres travaux sur les mouvements oculaires chez les sourds (Bélanger et al., 2012, 2013, 2018) démontrant l'absence de recours aux processus phonologiques et un appui important sur les représentations orthographiques. Ils soulignent l'importance de la relation forme orthographique-sens pour expliquer la rapidité d'accès aux mots. Celle-ci pourrait également s'expliquer par un déploiement attentionnel visuel plus efficace.

Cependant, selon nous, le modèle proposé manque encore de précisions concernant les processus de reconnaissance des lettres et de traitement orthographique engagés dans la lecture. En effet, les compétences visuo-attentionnelles ne semblent pas être prises en compte dans cette approche. Des travaux récents (Meade et al., 2019, 2020) montrent que l'activation orthographique des lettres chez les sourds signants repose sur un processus flexible de reconnaissance des caractères et de leurs positions, en contraste avec l'hypothèse d'un codage spatial plus « rigide » défendue par le modèle BIA+. Cette flexibilité leur permet de mieux gérer les variations dans la position des lettres, ce qui les aide à traiter les substitutions et les transpositions de manière plus efficace. Par exemple, ils repèrent plus facilement les substitutions de lettres (e.g. "poulie-poudie") que les transpositions adjacentes (e.g. "poulie-pouile"). De plus, ils détectent les transpositions de lettres non adjacentes (e.g. "poulie-plouie") plus aisément que les transpositions adjacentes. Même en l'absence de traitement phonologique, les sourds démontrent ainsi un haut degré de compétence dans le traitement des chaînes de lettres, probablement influencé par les régularités orthographiques, la morphologie et la

densité des voisins orthographiques (Meade et al., 2020). Toutefois, une forte compétition lexicale entre les mots voisins orthographiques (comme dans l'exemple proposé pour le modèle DIA : pomme, pompe, poème, homme, gomme, comme...) pourrait ralentir les temps d'identification des mots cibles (Meade et al., 2019). En effet, plus le nombre de voisins activés est grand, plus le traitement lexical devient long. Cela soulève la question des variables susceptibles de réduire l'incertitude du lecteur, surtout dans des tâches où des décisions rapides sont requises sans nuire à la précision des jugements sémantiques (e.g. effets des unités de la langue des signes, du contexte, de la fréquence). Il reste encore beaucoup à explorer concernant les processus lexicaux, notamment ceux de bas niveau qui influencent les processus de haut niveau. Dans ce contexte, il est essentiel d'étudier l'influence des facteurs visuo-attentionnels.

Toutefois, une piste permettant de mieux comprendre les mécanismes et les facteurs impliqués dans l'identification de mots selon les profils linguistiques et auditifs des enfants sourds pourrait être de s'intéresser aux modèles computationnels entendants récents.

3.4. Intérêt des modèles entendants pour expliquer la lecture des enfants sourds

Les modèles d'acquisition de la lecture pour les sourds sont souvent limités, se concentrant principalement sur des facteurs linguistiques selon le niveau d'audition. En s'inspirant des modèles destinés aux entendants et de leur flexibilité/adaptabilité, notre compréhension des processus engagés par les lecteurs sourds pourrait s'enrichir.

Le modèle PDST-CDP++ (Perry et al., 2019), le modèle ST-DRC (Pritchard et al., 2018) ou BRAID-Acq (Steinhilber et al., 2022) pourraient ainsi être adaptés pour mieux inclure les lecteurs sourds via des pondérations selon une unité qui modèleraient les résultats du modèle en fonction des multiples facteurs à considérer pour la lecture chez les sourds (seuil auditif, facteurs environnementaux, etc.). A l'instar de l'IPL de Puissant-Schontz (2020), créer un « Indice de Potentiel pour l'Écrit, IPE » et l'intégrer au modèle, permettrait de considérer les facteurs principaux pour mieux rendre compte de la « réalité ».

Les principaux avantages seraient ainsi de 1/ de corroborer ou d'infirmer les hypothèses des processus d'identification que les sourds mettent en jeu selon leur profil individuel et les résultats indiqués par le modèle ; 2/ d'intégrer au modèle les facteurs défavorables et favorables pour l'acquisition de la lecture pour chaque lecteur sourd et observer les réponses sur l'accès lexical écrit ; 3/ d'envisager des modèles de lecture différentiels selon les profils auditifs et linguistiques. Ainsi, par exemple, pour les sourds signants intramodaux, il serait possible de neutraliser

partiellement/totalement la voie phonologique sonore, selon le degré de surdité. Il serait intéressant, à ce titre, de constater si le modèle peut fonctionner en voie lexicale unique et s'il rend compte des données comportementales ; 4/ de prédire la réussite en lecture pour chaque nouvel individu et ; 5/ d'adapter les méthodes de lecture aux compétences favorables à l'acquisition de la lecture selon les profils identifiés.

Plus que les autres modèles, le modèle BRAID-Acq nous semble présenter un intérêt particulier pour la lecture en cas de surdité. En effet, il confirme que l'absence ou la fragilité des représentations phonologiques compliquent l'entrée dans l'identification de mots mais soutient parallèlement qu'un lexique orthographique puisse également se développer à l'aide du contexte, de la fréquence d'exposition (qui sont des paramètres essentiels en cas de surdité), d'une reconnaissance des lettres simultanée prenant en compte des indices orthographiques précis, d'un lexique étendu si les ressources attentionnelles dévolues à chaque traitement le permettent. De ce fait, BRAID-Acq ouvre des perspectives nouvelles, notamment au niveau visuo-attentionnel, à une meilleure compréhension des difficultés et de la variabilité en lecture constatées chez les enfants sourds. Ce modèle à voie unique nous semble adaptable à cette population en considérant des modules supplémentaires : un sous-modèle du lexique LSF, un sous-modèle sublexical des signes et un sous-modèle visuo-phonologique (afin de prendre en compte les représentations visuo-labiales).

Une limite importante, néanmoins, est celle de la quantité de données disponibles. De tels modèles ont besoin de nombreuses données pour être « nourris » et donner des prédictions fiables. Aura-t-on un jour assez de données pour obtenir des modèles robustes au regard du petit nombre de sourds en France ?

Une autre limite est celle de proposer un modèle comme BRAID-Acq sans avoir quelques preuves comportementales des processus visuels impliqués dans la lecture des enfants sourds, notamment l'EVA.

A l'exception du modèle BRAID-Acq, le manque majeur de tous ces modèles entendants ou sourds, aussi perfectionnés soient-ils, est qu'ils décrivent à minima (ou pas du tout) les processus visuels (pour une critique des modèles entendants voir Ginestet et al., 2020a). L'EVA, est particulièrement prédictif des représentations orthographiques chez l'entendant. La question est de savoir s'il l'est aussi pour les sourds. Pour le comprendre, nous proposons d'observer les prédicteurs impliqués dans la lecture chez les enfants sourds.

4. Prédicteurs de l'identification de mots écrits chez les enfants sourds

De multiples facteurs linguistiques et cognitifs ont été identifiés comme prédicteurs de la lecture de mots selon qu'on s'intéresse aux enfants oralisants, bimodaux ou signants.

En effet, les profils linguistiques et cognitifs des enfants sourds comme les pratiques d'enseignement (notamment bimodal) sont variés, ce qui rend complexe l'extraction des facteurs qui favorisent la réussite en lecture (Swanwick, 2016). Certaines compétences prédictives de la lecture sont ainsi similaires à celles des entendants mais d'autres sont plus spécifiques à la surdité.

4.1. Vocabulaire

Le vocabulaire est probablement le prédicteur le plus consensuel en cas de surdité. Il est ainsi retrouvé comme prédicteur de la lecture aussi bien chez les enfants sourds oralisants implantés (James et al., 2009) que signants et bimodaux (Chamberlain & Mayberry, 2000, 2008; Padden & Ramsey, 1999).

Le vocabulaire explique, dans l'étude de Cates et al. (2022), 53% de la variance en compréhension de lecture chez les signeurs natifs. La méta-analyse de Mayberry et al. (2011) retrouvait un impact plus modéré du vocabulaire, mais toutefois élevé, de l'ordre de 35% de la variance en lecture chez les lecteurs sourds. Chez les sourds signants, le poids du vocabulaire s'explique par le fait que la maîtrise de la LS fournirait une base linguistique solide pour le développement de la lecture (Sehyr & Emmorey, 2022a).

Chez les bilingues bimodaux, la pratique précoce de la bimodalité favoriserait le développement de la lecture (Nittrouer et al., 2012). En effet, la maîtrise élevée d'une LV ou d'une LS, l'exposition précoce, suffisante et régulière aux deux langues sont un gage de réussite pour parvenir à acquérir la lecture (Tominska, 2011b, 2015; Trovato & Folchi, 2022). Plus précisément, Ormel et al. (2022) ont montré l'influence respective du vocabulaire de la LV et de la LS sur la lecture. Le vocabulaire de la LV serait prédicteur de la lecture de mots après la première année d'apprentissage alors que le vocabulaire de la LS prédirait la lecture de mots pour des lecteurs plus avancés (Ormel et al., 2022).

4.2. RAN

L'impact de la dénomination rapide automatisée sur la lecture a été beaucoup moins étudié que celui du vocabulaire. Les résultats sont également beaucoup plus discutés. Quelques études notent des compétences équivalentes entre sourds oralisants et entendants en RAN (Bragard et al., 2019). Chez les enfants sourds qui accèdent à la LV (monolingues ou bimodaux), le RAN serait un prédicteur plus fort que la conscience phonologique selon certaines recherches (Couvee et al., 2023). A l'inverse,

d'autres indiquent qu'au même niveau de lecture que des entendants, les enfants sourds bimodaux sont plus rapides en RAN mais que cette compétence, contrairement à la conscience phonologique, n'est pas explicative de leurs performances en lecture (Dyer et al., 2003). On ne sait donc pas exactement quel est le poids de cette compétence sur la lecture tant les études semblent opposées.

4.3. Mémoire de travail et traitement séquentiel

Une majorité d'études indiquent des difficultés chez les sourds oralisants ou signants dans le domaine de la mémoire de travail (Hall & Bavelier, 2003; Pisoni & Cleary, 2003). Les tâches traditionnellement utilisées reposent sur des rappels de chiffres ou de mots en ordre sériel endroit et/ou envers, sur des modalités verbale ou visuo-spatiale. Ces tâches sont fortement débattues chez les sourds autant sur les questions de modalité que dans la séquentialité qu'elles impliquent (Grempe et al., 2019).

D'une manière générale, les résultats indiquent que la mémoire de travail verbale serait reliée à la lecture mais uniquement chez les adolescents sourds et ceux qui utilisent le plus la LV mais pas chez les jeunes lecteurs sourds ou ceux qui utilisent la LS (Harris & Moreno, 2004).

En effet, chez les enfants oralisants, la mémoire de travail peut impacter le développement de la conscience phonologique (Ortmann et al., 2013) et de manière subséquente, les compétences précoces de lecture. Néanmoins, ce ne sont pas nécessairement les capacités mnésiques pures qui expliquent toujours ces retentissements sur la lecture mais aussi leurs particularités séquentielles puisque les compétences (mnésiques ou de raisonnement) séquentielles expliquent une part importante de la variabilité en lecture (Edwards & Anderson, 2014).

Chez les sourds signants ou bimodaux, la mémoire à court terme en LS prédirait la compréhension de lecture (Cates et al., 2022) comme les temps de latence en lecture de mots, plus tardivement dans l'apprentissage (Ormel et al., 2022). Toutefois, ce sont les tâches de rappel libre plutôt que sériel qui prédiraient mieux la lecture chez les sourds signants par rapport aux sourds oralisants ou aux entendants (Hirshorn et al., 2015).

4.4. Prédicteurs spécifiques à la surdité

4.4.1. Prédicteurs liés à l'audition

Chez les enfants oralisants, le **type d'appareillage** semble être un prédicteur de la réussite en lecture de mots. Ainsi, les implants cochléaires (notamment avant l'âge de 3 ans) favoriseraient l'acquisition d'un niveau de langue suffisant, le développement de la mémoire de travail phonologique et le

décodage permettant ainsi des capacités de lecture plus élevées (Dillon et al., 2012; Geers, 2003). En outre, il existe des différences entre les implants eux-mêmes. La qualité de la perception des indices spectraux via l'implant cochléaire prédit une part de variabilité en lecture de mots (Bouton, 2010; Bouton et al., 2011; Moberly et al., 2016). En revanche, l'effet d'une bi-implantation sur la lecture semble être plus discuté selon les études (Nittrouer, Caldwell, Lowenstein, et al., 2012; Wang et al., 2021).

L'âge précoce d'implantation et/ou la durée de port d'un implant cochléaire sont également des prédicteurs de la lecture (Ching et al., 2014; Colin et al., 2017; James et al., 2008; Spencer & Oleson, 2008). La plupart des recherches retrouvent un fort effet de l'âge d'implantation qui contribue au développement des perceptions phonologiques et du langage oral, nécessaires à l'apprentissage de la lecture (Webb et al., 2015). L'accès précoce à l'audition explique jusqu'à 59% de la variabilité en lecture dans l'étude de Spencer et Oleson (2008).

Chez les enfants sourds bimodaux, Thompson & Gutierrez-Sigut (2019) relèvent des facteurs similaires aux oralisants intervenant sur le développement de la LV et par conséquent sur l'écrit. Néanmoins, l'âge d'implantation expliquerait une variabilité plus modérée en lecture que le niveau même de langage oral d'après certains auteurs (Nittrouer et al., 2012).

4.4.2. *Conscience phonologique de la LV et ses médiateurs*

Chez les enfants oralisants et bimodaux, l'accès à l'audition même partielle permet le développement de compétences phonologiques. **La conscience phonologique** est, comme chez l'entendant, un prédicteur majeur en cas de surdité (Dillon & Pisoni, 2004; Hirshorn et al., 2015; Wass et al., 2010; Webb et al., 2015). Les capacités phonologiques évaluées chez les sourds oralisants appareillés prélecteurs prédisent leurs habiletés en CP à hauteur 46.2% de la variance expliquée en lecture (Colin, 2004). En retour, **l'apprentissage explicite** du principe alphabétique (Nittrouer et al., 2018) a un impact significatif sur leurs compétences phonologiques et la lecture, plus fort que chez les enfants entendants. Le décodage et les compétences phonologiques prédisent donc ensemble les acquisitions de lecture ultérieures.

Les compétences qui permettent le développement de la conscience phonologique sont également retrouvées comme prédicteurs de la lecture. Ainsi, la **lecture labiale** (Buchanan et al., 2020; Kyle & Harris, 2011), l'âge auquel est introduit le **cued speech** (S. Colin et al., 2013, 2017) ou la **conscience orthographique** (Harris & Moreno, 2004) prédisent les compétences en lecture.

Les signeurs sourds intramodaux (notamment non natifs) pourraient également s'appuyer sur la conscience phonologique de la LV (Cates et al., 2022), non pas à travers sa sonorité mais à travers la lecture labiale. D'autres études ne retrouvent pas d'influence de la conscience phonologique de la LV chez les signants même à travers des indices sensoriels visuels ou tactiles (McQuarrie & Parrila, 2009). L'activation phonologique (même visuo-labiale) de la LV est largement discutée par la communauté scientifique.

4.4.3. *Conscience phonologique de la LS et la dactylogogie*

Chez les lecteurs sourds bimodaux et intramodaux, **la conscience phonologique de la LS** (e.g. jugement de similarité paramétrique entre paires minimales ou non, en LS) intervient plus spécifiquement sur les temps de latence en lecture de mots et plus tardivement dans l'apprentissage (Ormel et al., 2022). Elle serait plus particulièrement reliée à la lecture des signeurs natifs que tardifs (Keck & Wolgemuth, 2020). Cependant, l'existence même d'une « phonologie » des LS fait débat selon les courants linguistiques holistiques ou structuralistes et différentialistes.

L'épellation manuelle (la mémorisation ou la conscience des unités orthographiques via la dactylogogie selon les études) est un fort prédicteur de la fluence en lecture de mots et textes ainsi que des latences en lecture de mots (Antia et al., 2020; Lederberg et al., 2019). Elle renforcerait les liens entre orthographe et sémantique (Sehyr & Emmorey, 2022a).

On comprend ainsi que la constellation de facteurs impliqués dans la lecture est encore plus large chez les enfants sourds qu'entendants mais également que ces facteurs sont très variables selon les profils linguistiques considérés.

Alors que la question des prédicteurs phonologiques de la lecture selon la LS ou la LV fait débat, les études s'intéressent finalement peu aux compétences visuo-attentionnelles des enfants sourds. Malgré le poids de l'EVA sur l'accès lexical chez les entendants et sa nature simultanée (comme l'est le mode de transmission de l'information en LS), ce facteur n'a, à notre connaissance, jamais été étudié en cas de surdité. On sait pourtant qu'un empan simultané, l'EVP, favorise la compréhension en lecture de phrases lorsqu'il est plus large. De ce fait, nous proposons, dans le chapitre suivant, d'étudier plus en profondeur les rôles des facteurs phonologiques de la LV et celui des compétences visuo-attentionnelles ou visuelles simultanées sur l'identification de mots chez les enfants sourds.

Résumé du chapitre III

Ce chapitre présentait les défis qui s'imposent aux enfants sourds pour identifier des mots écrits et acquérir la lecture.

Pour les enfants oralisants, l'enjeu de l'entrée dans la lecture est d'abord l'acquisition du langage oral. Leurs compétences peuvent être améliorées grâce aux appareillages et compensées partiellement par des méthodes visuo-labiales comme la LfPC. Leur entrée dans la lecture s'apparente à celle des lecteurs entendants. Le décodage peut même participer à la spécification de leurs compétences phonologiques. Néanmoins, l'accès lexical semble requérir une instruction explicite des particularités orthographiques de la langue écrite.

Pour les enfants signants, l'enjeu de l'entrée dans la lecture est d'une ampleur encore plus importante. Les particularités phonologiques, lexicales et de transmission simultanée de la LSF s'opposent à celles de la langue écrite. Toutefois, la maîtrise d'une langue, même signée, et le développement d'un vocabulaire riche sont des pré-requis importants à l'apprentissage de la lecture. L'accès au décodage pourrait se réaliser par une phonologie visuelle de la LV chez les bilingues bimodaux et serait probablement favorisé s'ils ont aussi un accès sonore à la LV, parallèlement à la maîtrise de la LS. En revanche, les apprentis lecteurs signants qui ne pratiquent pas la langue vocale, n'ont aucune perception auditive et apprennent à lire avec des méthodes visuo-sémantiques peuvent utiliser les paramètres de la LSF pour faciliter l'accès au sens et permettre l'accès lexical aux mots écrits. L'épellation manuelle pourrait constituer un pont entre la forme orthographique et sémantique. Le poids de la conscience phonologique de la LV est discuté et serait plus probable chez les sourds signants non natifs que natifs.

Les modèles de lecture sont divisés sur la manière dont les enfants sourds signants ou bimodaux accèdent ou non à la phonologie de la langue sonore. Ils décrivent sommairement les processus d'identification et ne s'intéressent que peu aux processus visuels en jeu. L'impact de l'EVA (prédicteur chez l'entendant des représentations orthographiques) n'a jamais été mesuré pour expliquer leur accès lexical ni chez les sourds en LV, ni chez les sourds en LS. Pourtant, les traitements visuo-orthographiques des enfants sourds oralisants et signants semblent particuliers.

Chapitre IV : Rôle des processus phonologiques et visuo-attentionnels sur l'identification de mots chez les enfants sourds

Chez les enfants sourds oralisants, la conscience phonologique est prédictive de la lecture de mots. Cependant, certaines unités peuvent probablement être plus facilement appréhendées que d'autres selon les perceptions auditives et visuo-labiales des enfants sourds. Chez les enfants en LS, l'étude des unités phonologiques de la LV, disponibles pour la lecture de mots, pourrait renseigner sur la facilité ou la difficulté ultérieure à développer une conscience phonologique. D'autre part, de manière étonnante, peu d'études semblent s'intéresser aux prédicteurs visuels de la lecture de mots. Nous chercherons à mieux décrire les processus phonologiques et visuo-attentionnels utilisés en lecture par les enfants sourds et listerons les particularités du traitement visuel en cas de surdité ainsi que les preuves de leur implication sur la lecture.

1. Rôle des processus phonologiques sur la lecture

1.1. Conscience phonologique et unités disponibles en cas de surdité

1.1.1. *Unités phonologiques disponibles chez les enfants sourds oralisants*

Les compétences phonologiques des **enfants sourds implantés cochléaires** se développent de manière similaire à celles des enfants entendants, mais restent plus fragiles (Sterne & Goswami, 2000). Bien que leurs habiletés soient comparables pour les syllabes, elles sont moins performantes pour les rimes et les phonèmes, atteignant des niveaux équivalents à ceux des enfants sourds appareillés de même âge chronologique (James et al., 2005) ou des entendants de même âge auditif¹⁹ (Johnson & Goswami, 2010). Une implantation précoce favorise un développement des compétences en rimes semblable à celui des entendants, tandis que les codas finales restent mieux maîtrisées que les phonèmes initiaux (James et al., 2008).

La LfPC améliore la spécification des unités phonétiques et phonémiques, particulièrement dans la distinction des lieux d'articulation des consonnes occlusives et fricatives (Machart, 2022) qui sont des difficultés perceptives phonémiques habituellement rapportées chez les enfants implantés (Bouton, Serniclaes, et al., 2012; Grandon, 2016; Leybaert et al., 2016). Les représentations orthographiques influencent davantage la conscience des phonèmes et des syllabes que celle des rimes (Geers, 2003;

¹⁹ L'âge auditif fait référence à la « naissance » des capacités auditives en relation avec le port d'un appareillage. Par exemple, un enfant âgé de 6 ans peut donc avoir un âge auditif de 2 ans s'il a été appareillé, il y a 2 ans.

James et al., 2009). La conscience de la rime sonore est un prédicteur de la réussite en lecture (James et al., 2009).

Les lecteurs **sourds appareillés** s'appuient davantage sur les phonèmes que sur les syllabes, montrant une sensibilité particulière à la position des unités dans les mots. Ils rencontrent des difficultés avec les unités finales et éprouvent des difficultés sur les manipulations phonémiques des attaques biconsonantiques. Ils suppriment, par exemple, facilement l'attaque entière (e.g. /kR/ dans « crâne » ou /v/ dans « vache ») mais sont en difficulté lorsqu'ils doivent ôter uniquement un phonème du cluster d'attaque (e.g. /f/ dans « front ») (Colin, 2004).

1.1.2. *Unités phonologiques disponibles chez les enfants sourds signants ou bimodaux*

Les unités étudiées par les recherches dépendent des profils signants ou bimodaux mais aussi de la façon dont se positionnent les chercheurs dans les théories d'accès à la LV en cas de surdité. Soit ces études s'intéressent aux phénomènes visuo-labiaux et orthographiques compensatoires pour accéder à la LV à travers les unités dites « sensorielles », soit elles s'intéressent aux liens entre LS et LV à travers les unités dites « cross-modales ». En revanche, d'autres études relèvent l'acquisition univoque entre LS et écrit. Dans cette perspective, l'accès à la phonologie de la LV n'aurait aucun rôle (Caldwell-Harris & Hoffmeister, 2022). Ce sont uniquement les compétences métalinguistiques sur les deux langues LS/écrit qui permettraient d'accéder à la lecture. Lorsque la phonologie de la LS est envisagée (selon les courants de pensée), elle porterait sur les paramètres du signe en lien avec l'iconicité (e.g. différencier des paires minimales en LS).

Unités phonologiques sensorielles

Les unités phonologiques sensorielles correspondent aux unités phonologiques accessibles par une autre voie que l'audition. Elles sont d'ordre visuo-labial, visuo-moteur et/ou orthographique en compensation du manque d'accès à la phonologie sonore de la LV. Elles représentent un possible appui pour la lecture.

Pour les enfants sourds bimodaux, le degré de perception auditive et la langue majoritaire pratiquée (LS/LV) conditionnent la taille mais aussi le type d'unités prises en compte pour la lecture du français. En effet, dans une tâche de copie de mots et pseudo-mots (Transler et al., 1999), l'unité syllabique est utilisée par des sourds bimodaux lorsque les frontières des syllabes sont marquées au niveau phonologique et orthographique sans ambigüité (ex : **rentala** avec correspondance de la syllabe

phonologique et orthographique *ren/tala* car *re/ntala* est impossible ou peu probable). Toutefois, lorsque les marquages phonologiques et orthographiques sont plus « ambigus » (ex : *renalat* peut être perçu soit au niveau orthographique avec *ren/alat*, soit au niveau phonologique avec *re/nalat*), les enfants sourds bimodaux ne s'appuient plus sur les indices phonologiques, contrairement aux entendants, pour copier ces mots. D'après cette étude, ceux présentant le meilleur niveau de perception auditive et de langage oral sont aussi ceux qui utilisent le plus la phonologie syllabique. L'appui sur des unités visuelles-orthographiques apparaît alors important lorsque le niveau de perception auditive est faible.

La rime a fait l'objet de nombreuses études. Charlier & Leybaert (2000) ont ainsi montré que les bilingues bimodaux (LV/LS) (comme les sourds oralisants), sont sensibles à la rime même lorsque les stimuli sont présentés sous forme d'images, sans accès direct aux représentations écrites des mots. Leurs stratégies employées relèvent de procédures visuo-labiales et orthographiques (représentations mentales internes) (Sterne & Goswami, 2000).

Dans l'idée que les sourds peuvent activer des représentations phonologiques sur une base visuelle sensorielle, l'étude Belge de C. Colin et al. (2013) et l'étude américaine de MacSweeney et al. (2013) ont demandé à des adultes sourds signants et entendants de juger si des paires d'images rimaient, tout en enregistrant leurs données électrophysiologiques. Les résultats des deux études ont montré que les participants sourds réussissaient moins bien que les entendants à juger les rimes, mais leurs réponses n'étaient pas aléatoires. Ils étaient plus performants pour identifier les paires non rimantes. Les données électrophysiologiques révèlent que les deux groupes encodent les stimuli de manière similaire, bien que les participants sourds montrent une moindre sensibilité aux rimes. Ces résultats suggèrent que les jugements métaphonologiques sont possibles chez les sourds signants, mais différent de ceux des entendants tant sur le plan comportemental qu'électrophysiologique. Cette étude ne donne cependant pas d'informations sur les antécédents des participants sourds (méthode d'apprentissage durant l'enfance, parents, fratrie, enfants sourds/entendants, si appareillage : porté jusqu'à quel âge, rééducation orthophonique durant l'enfance...).

D'autres études pointent des résultats tout à fait contradictoires. Hirshorn et al. (2015) expliquent l'importance de considérer l'expérience linguistique des sourds signants dans leur ensemble pour analyser les processus cognitifs impliqués dans la lecture. En outre, ils soulignent la large variété de tâches (parfois inadaptées) qui ont été utilisées selon les études. C'est ce qui explique probablement les variations de résultats selon les recherches.

Parmi les résultats opposés, McQuarrie et Parilla (2009) ont mis en place une expérimentation visant à vérifier si les indices sensoriels autres qu'auditifs (visuo-orthographiques et visuo-tactiles) pouvaient permettre à des sourds en LS d'accéder à une phonologie « visuelle » de la LV. Les résultats ont montré que les sourds signants ne possédaient aucune représentation visuelle phonologique que ce soit sur la syllabe, la rime ou le phonème. Les réponses étaient données au hasard. L'âge ou le niveau de lecture n'amélioraient pas les performances des élèves. Pourtant, certains d'entre eux étaient de bons lecteurs. C'est que d'autres compétences que la « phonologie visuelle » expliquaient mieux leurs performances en lecture.

En résumé, les résultats sont opposés. Ils montrent un appui possible sur des unités phonologiques sonores, visuelles ou sur des unités orthographiques, en cas de faible récupération auditive (syllabe, rime). Lorsque l'accès sonore est impossible, peut-être certains compensent-ils grâce aux informations visuo-labiales comme démontré par Elliott et al. (2012), selon leur expérience avec le *cued speech*. On peut penser que la différence entre ces études réside certainement entre sourds natifs et non-natifs (Cates et al., 2022) et plus largement selon le degré d'imprégnation et le besoin de comprendre la LV via la lecture labiale au quotidien. Peut-être aussi que certains lecteurs sourds signants s'appuient plus sur les unités orthographiques et/ou dactylographées ?

Justement, une autre vision d'une phonologie « orthographique » comme appui possible pour la lecture est celle des unités phono-orthographiques de la dactylographie appelée « phonologie cross-modale ».

Unité phonologiques cross-modales

Dans cette hypothèse l'épellation dactylographique contribuerait au développement des représentations phonologiques de la LV (Brentari & Padden, 2001; Perfetti & Sandak, 2000). L'usage de la dactylographie émane de mots non lexicalisés que le locuteur épelle via des configurations manuelles correspondant à chacune des lettres d'un l'alphabet manuel conventionnel. Lorsqu'un signe n'est pas connu par le signeur ou non compris par l'interlocuteur, il est fréquent que les sourds utilisent la dactylographie pour communiquer. Plus spécifiquement au niveau pédagogique, cette stratégie est utilisée pour rappeler les mots écrits (équivalente à l'épellation vocale). McQuarrie (2005) pose la question du lien réel entre phonologie et épellation dactylographique :

It seems uncontroversial to suppose that for those children with an established underlying phonological foundation, learning to write would support refinement of their understandings of sound-to-print connections (see discussion in Adams, Treiman, & Pressley, 1997). Likewise, it is clear that fingerspelling, which provides a manual representation of the letters of the alphabet, could provide a strong link to orthography; however, the proposed connection to phonology is again not clearly obvious without a presumption of a phonological base » (McQuarrie, 2005, p. 44).

En réalité, les questionnements de McQuarrie sont à mettre en lien avec la manière dont les études définissent l'épellation manuelle (Lederberg et al., 2019). Certaines études considèrent cette habileté comme la capacité à épeler un mot écrit, d'autres comme la capacité à répéter un mot dactylographié et d'autres encore comme une habileté à manipuler la structure sublexicale des mots (Antia et al., 2020; Padden & Ramsey, 1999; Stone et al., 2015). C'est la raison pour laquelle les études divergent sur la prédictivité de ce facteur chez les sourds en LS. Certaines soulignent que la reconnaissance ou l'apprentissage de mots via l'épellation est aussi efficace ou moins efficace que l'apprentissage sur support écrit (Mayberry & Waters, 1987; Scott et al., 2019). D'autres, utilisant la tâche de détection d'erreurs dans une suite dactylographiée, retrouvent un fort caractère prédictif de l'épellation manuelle sur la lecture de mots (Ormel et al., 2022).

La dactylographie constitue bien un pont entre la LS et l'écrit (Emmorey et al., 2015). Les recherches qui envisagent l'existence d'une phonologie de la LS (Sandler & Lillo-Martin, 2006) ouvrent la voie à la phonologie cross-modale utilisant comme support l'épellation manuelle : la dactylographie devient un « outil linguistique » permettant de faire le lien entre la LS et la langue écrite (Andin et al., 2014). Dans ces tests, à l'instar des LV, les unités phono-orthographiques (ou dirons-nous ici « dactylo-orthographiques ») peuvent être manipulées (unités larges jusqu'aux simples graphèmes) et les modalités peuvent varier (e.g. élision, fusion, imitation). Les récentes recherches utilisant ce type de test montrent des liens significatifs entre les performances en conscience phonologique cross-modale et les performances en lecture (Antia et al., 2020; Holmer et al., 2016; Lederberg et al., 2019). A notre connaissance, ces études ne donnent pas encore une idée précise de la trajectoire d'acquisition des unités selon leur taille, l'âge ou le niveau de lecture des enfants.

En résumé, chez les enfants oralisants, l'accès aux unités phonologiques est variable mais possible. L'accès à la rime constitue un prédicteur de la lecture. Chez les enfants sourds en LS, et encore plus chez les sourds intramodaux, les hypothèses sur l'impact de la phonologie sont multiples et encore fortement discutées. Les niveaux de conscience phonologique de la LV et de lecture, atteints par ces

lecteurs, sont probablement faibles. L'accès à la rime serait possible selon certaines études et pas d'autres.

Chez les enfants sourds, l'accès phonologique est altéré et/ou emprunte d'autres modalités que la modalité sonore. Les études sont relativement contradictoires sur l'accès à la conscience phonologique de la LV chez les signants.

1.2. Évaluation de la conscience phonologique en question

Lorsque les liens entre conscience phonologique et lecture sont observés à travers le prisme de méta-analyses ou d'études longitudinales, les résultats semblent souvent contradictoires.

La méta-analyse de Mayberry et al. (2011) annonçait seulement 50% d'études prouvant l'existence de compétences phonologiques chez les enfants sourds mais surtout, seulement 11% de la variance en lecture expliquée par les facteurs phonologiques. A l'inverse, la synthèse de littérature d'Alasim et Aqraini (2020) indique que la conscience phonologique et l'utilisation du *cued speech* ou de la méthode *visual phonics* contribuent aux acquisitions de lecture chez les enfants sourds, des 27 études prises en compte.

Si les résultats des études s'opposent c'est probablement parce qu'elles ne comparent ni les mêmes épreuves métaphonologiques, ni les mêmes profils d'enfants et qu'elles n'utilisent pas les mêmes méthodologies (Luft, 2018).

Des études longitudinales sont confrontées aux mêmes contradictions. Celle d'Harris et al. (2017) a évalué différents prédicteurs, durant 3 ans, chez 41 enfants sourds (oralisants, signants et bimodaux) et 32 entendants, appariés en niveau de lecture et QI. Contrairement aux entendants, pour lesquels la conscience phonologique était un prédicteur précoce, chez les enfants sourds, elle n'était reliée à leurs compétences de lecture qu'en 3^{ème} année d'apprentissage. Les meilleurs prédicteurs pour les enfants sourds étaient le vocabulaire et la lecture labiale. Aucune différence en lecture ne pouvait s'expliquer par le type d'appareillage (contours ou implants). Ces constats corroborent d'autres résultats d'études comportementales (Kyle & Harris, 2011; Rodríguez-Ortiz et al., 2017). Harris et al. (2017) signalent, toutefois, les nombreuses corrélations entre les variables prédictives entre la 1^{ère} et la 3^{ème} année d'apprentissage, suggérant ainsi que la conscience phonologique pourrait jouer un rôle plus précoce que ne le laisse penser les résultats. En effet, d'autres études retrouvent, chez les bimodaux une influence précoce de la conscience phonologique de la LV sur la lecture de mots (Ormel et al., 2022).

La question de la prise en compte des particularités linguistiques de chaque sous-groupe sourd plutôt que d'un groupe « sourd » et l'adaptation des tests à chaque sous-groupe n'est pas triviale pour lever ces contradictions.

Certaines études muligroupes se sont justement intéressées à la comparaison des sous-groupes sourds en s'appuyant sur des tests différenciés selon les profils linguistiques et auditifs. Par exemple, les travaux de Lederberg et al. (2019) ont examiné les compétences de lecture et langage de 336 enfants sourds en maternelle, CP et CE1. Les enfants étaient répartis en trois groupes : (1) enfants utilisant uniquement LV = oralisants, (2) enfants utilisant uniquement la LS = signants unimodaux, et (3) enfants utilisant à la fois la LV et la LS = bimodaux. L'objectif était de comprendre comment les compétences en lecture, conscience phonologique et épellation manuelle étaient liées dans ces groupes, et si les tests différenciés mesuraient ces compétences de manière équivalente. Pour ce faire, l'étude a utilisé des tests adaptés aux besoins de chaque groupe. Les résultats concernant les compétences cognitives montrent que tous les groupes ont obtenu des scores similaires aux tests cognitifs, sans différences significatives. Toutefois, des variations notables apparaissaient dans les compétences de perception et d'articulation de la parole, à l'avantage des oralisants.

En ce qui concerne les compétences en langage et en lecture, des corrélations élevées ont été observées entre la lecture, l'épellation manuelle, la conscience phonologique et le langage au sein de chaque groupe. L'analyse factorielle confirmatoire a permis de déterminer les relations entre ces compétences. Un modèle à trois facteurs a été adapté pour le groupe oralisant, tandis qu'un modèle à quatre facteurs, intégrant l'épellation manuelle, a été appliqué au groupe bimodal et signant unimodal. Les résultats indiquent que les compétences en lecture sont fortement corrélées avec la conscience phonologique dans le groupe oralisant, et l'épellation manuelle dans les groupes bimodal et signant unimodal. Les différences entre ces compétences variaient ainsi en fonction de la modalité linguistique des enfants. Ces différences ne pouvaient pas être imputées aux différences entre les tâches utilisées pour chaque groupe selon les tests d'équivalence statistique.

Il existe ainsi des facteurs d'influence différenciés pour expliquer l'entrée dans la lecture de chaque groupe linguistique (Antia et al., 2020; Hermans et al., 2008b; Lederberg et al., 2019). Une récente étude d'Antia et al. (2020) a comparé 336 élèves sourds en LV unique, LS unique ou bilingues LS/LV de la maternelle au CE1. Les élèves ont été évalués sur une série de tests de langage et de lecture. Une épreuve particulière de conscience phono-orthographique de la LS a été créée pour pouvoir tester les enfants en LS sur cette composante. Ce test consistait à reproduire des mots dactylographiés de longueur croissante et au sein desquels, les enfants devaient soit élider, soit fusionner des lettres (e.g. épeler manuellement pop-corn sans r). Les résultats ont montré que tous les enfants sourds présentaient des

retards de langage et lecture mais des différences entre groupes apparaissaient. Les sourds bimodaux et monolingues LV obtenaient des résultats supérieurs à leurs pairs en LS unique. Seuls les enfants monolingues LV possédaient de hautes performances en conscience phonologique de la LV et en lecture de pseudomots. Les progrès en lecture constatés chez les bilingues bimodaux et ceux en LS unique étaient corrélés à la fois à leur niveau de maîtrise syntaxique de la LS et de la conscience phono-orthographique en dactylographie.

De ce fait, la question du lien entre conscience phonologique et lecture dépend du type d'unités observées (unités sensorielles, phonologiques sonores ou cross-modales), de la tâche et de la langue ou des langues pratiquées. Si un lien causal est établi entre conscience phonologique et surdité pour certains enfants sourds, la preuve n'est pas aussi évidente pour les enfants signants intramodaux. L'observation des mécanismes de lecture devrait permettre de vérifier l'existence de processus phonologiques de lecture chez les lecteurs sourds.

1.3. Processus de lecture en voie phonologique chez les enfants sourds

En tâche de décision lexicale sur des mots et des pseudomots homophones, les jeunes lecteurs sourds commettent plus d'erreurs que les entendants de même âge chronologique. Cependant, la typologie d'erreurs montre que les enfants sourds sont moins sensibles à la pseudohomophonie et à l'irrégularité que les entendants (Beech & Harris, 1997). Ces deux caractéristiques d'erreurs indiquent la faiblesse du codage phonologique en cas de surdité. Ces résultats sont cependant modulés selon l'accès à la LV : les enfants sourds les plus intelligibles en LV utilisent plus le codage phonologique que les autres, même de manière imparfaite (Leybaert & Alegria, 1995). Comme constaté pour la conscience phonologique, les processus phonologiques de lecture semblent donc dépendre du profil linguistique.

1.3.1. *Processus phonologiques chez les enfants sourds oralisants*

Chez les enfants sourds oralisants scolarisés en milieu ordinaire, certains auteurs indiquent des résultats comparables aux entendants en décodage, mais un retard durable en compréhension écrite (Mathews & O'Donnell, 2020). Toutefois, les processus phonologiques expliqueraient un peu moins de 40% de la variabilité en lecture chez les enfants oralisants (Geers & Hayes, 2011). Ainsi, même si les implants et contours sont de plus en plus performants, même si la combinaison « implant cochléaire et LfPC » aide au décodage, ils restent lents en lecture (Easterbrooks & Lederberg, 2021). Le manque d'automatisation des processus de décodage et/ou la transition vers des représentations orthographiques bien spécifiées pourraient expliquer ces chiffres.

Les études sur la sensibilité à la fréquence et à la régularité confirment que les enfants oralisants lisent moins facilement les mots irréguliers (e.g. tabac) que réguliers (e.g. canapé) (Bouton, 2010). Ils passent donc essentiellement par le décodage. En fin de CM2, alors que presque plus aucune erreur de régularisation (e.g. tabac-/tabak/) n'est commise par les entendants, elles concernent encore 50% des erreurs des lecteurs sourds implantés (Leybaert & Domínguez, 2012).

La difficulté de codage phonologique est également retrouvée dans les études sur l'auto-apprentissage. L'étude menée par Sabatier et al. (2024) a étudié 29 enfants de 7.8 à 13.5 ans présentant des surdités moyennes à profondes ont été appariés en âge chronologique et niveau de lecture à un groupe contrôle entendant (n=29). Pendant la phase d'exposition, les enfants devaient lire 10 histoires à la suite. Chacune contenait des pseudomots mais l'enfant n'en était pas informé. Ils répondaient à des questions vrai/faux à la fin de chaque texte pour s'assurer que ceux-ci étaient réellement lus. Ensuite, pour vérifier l'apprentissage incident selon la théorie de Share (1999, 2008), deux tâches étaient réalisées : une tâche de dictée des pseudomots et une tâche de choix orthographique entre le pseudomot cible et des distracteurs (1 phonologique, 1 orthographique et 1 neutre). Les résultats de la tâche d'orthographe n'ont pas montré de différences dans la précision, mais les types d'erreurs variaient : les erreurs phonologiquement plausibles étaient moins fréquentes chez les enfants sourds que chez les entendants. Dans la tâche de choix orthographique, les enfants sourds se sont révélés plus performants que les contrôles pour reconnaître les pseudomots cibles, en revanche.

De ce fait, les enfants de cette étude semblent moins recourir aux stratégies phonologiques que les entendants. Comme prédit par la théorie de Share (1995, 1999), ils créent des représentations orthographiques via les informations phonologiques mais s'appuient davantage que les entendants sur des stratégies visuo-orthographiques conjointes pour parvenir à construire des représentations orthographiques plus précises. Les résultats de cette étude concordent avec ceux d'études précédentes. Celle de M. Simon et al. (2019) montre, par exemple, que les erreurs non phonologiquement plausibles que les enfants implantés font à l'écrit sont corrélées à l'âge d'implantation et aux scores de perception. Plus l'implant est précoce, plus les erreurs non phonologiquement plausibles diminuent. Pour compenser leurs perceptions « imparfaites » et leurs représentations phonologiques moins bien spécifiées, des stratégies complémentaires visuelles sont suggérées par les auteurs. Parallèlement, l'apprentissage orthographique est significativement corrélé à la fluidité du décodage de mots et non-mots, au vocabulaire réceptif et aux compétences phonologiques (suppression phonémique, mémoire phonologique verbale) (Wass, Ching, et al., 2019;

Wass, Löfkvist, et al., 2019). Ainsi, ces corrélations montrent l'importance du substrat phonologique dans le développement des compétences lexicales écrites (Bouton, 2010; Harris & Terlektsi, 2011). Enfin, la répétition d'expositions aux mots irréguliers permet d'améliorer leurs représentations orthographiques (Cravo et al., 2019).

Ces constats correspondent parfaitement aux « ingrédients » définis dans la théorie de Share (1999) pour expliquer le développement de la voie lexicale chez les enfants entendants : des compétences auditives reliées aux compétences phonologiques qui participent au décodage lui-même, engendrant des représentations lexicales, s'améliorant au fil des expositions aux mots. Il s'ajoute toutefois à cela, une attention particulière portée par les enfants sourds à l'orthographe. Ces études soulignent donc à la fois la proximité entre les enfants sourds et entendants sur leurs mécanismes phonologiques et lexicaux de lecture mais aussi les particularités « visuelles » des enfants sourds. La plupart des études confirment ainsi que les enfants sourds oralisants ont des compétences en lecture généralement inférieures à celles des enfants entendants de même niveau scolaire, et que les enfants implantés cochléaires sont plus habiles en lecture que leurs pairs appareillés (Domínguez et al., 2012). L'origine de ce délai est imputé aux difficultés d'accès phonologique en LV qui peuvent être plus ou moins compensées par les bénéfices des aides auditives (Colin et al., 2017; Geers, 2003; Geers et al., 2017; Geers & Hayes, 2011) et par le *cued speech* qui aide à spécifier les habiletés phonologiques et soutient les processus de décodage (Bouton et al., 2011; Leybaert et al., 2016, 2022; Leybaert & Lechat, 2001).

1.3.2. *Processus phonologiques chez les enfants sourds signants et bimodaux*

Peu d'études se sont intéressées à la question de la *régularité* en lecture chez les sourds signants. Une étude de Sutcliffe et al. (1999) a montré que les enfants sourds utilisant la LS font plus d'erreurs en transcription écrite que les bilingues unimodaux (LV1/LV2). Ils commettent moins d'erreurs sur les mots réguliers qu'irréguliers, ainsi que sur les mots fréquents que rares. Toutefois, aucune différence significative n'a été observée lorsque fréquence et régularité étaient combinées. Ces résultats suggèrent une certaine sensibilité à la phonologie à l'écrit, bien que l'effet de fréquence soit plus fort. Les données manquantes dans cette étude, sur la communication en LV et les appareillages des participants sourds, rendent difficile l'interprétation des résultats laissant ouverte la question d'un accès phonologique lié au bain de LV. L'effet de fréquence pourrait témoigner d'une capacité d'apprentissage indépendante des compétences phonologiques.

Chez les sourds signants bimodaux, les études sur l'effet de pseudohomophonie rapportent une sensibilité à l'homophonie témoignant de leur accès phonologique dans des langues opaques ou transparentes (Blythe et al., 2018; Daza González et al., 2014; Transler & Reitsma, 2005). Afin

d'explorer plus avant cette question selon l'opacité de leur langue écrite, une récente étude interlangues LS Espagnole et Britannique (Camarena, 2022) a observé l'activation phonologique et orthographique chez des lecteurs sourds (adultes et adolescents) à l'aide d'un paradigme d'amorçage masqué. Les résultats montrent que les adultes sourds anglais activent des codes phonologiques, tandis que les adultes sourds espagnols ne le font pas. En revanche, les adolescents espagnols avec un lexique limité montrent aussi une activation phonologique. Tous les adultes, quelle que soit leur langue, activent fortement des codes orthographiques, soulignant leur rôle crucial dans la reconnaissance des mots. La modalité dactylographique indique que la phonologie peut être utilisée par certains groupes. Toutefois, le peu d'informations sur les antécédents des locuteurs complique l'analyse de l'activation phonologique. Des études contredisent, d'ailleurs, partiellement ces résultats en montrant chez l'enfant sourd, non porteur d'implant, non utilisateur du *cued speech*, un accès à l'information phonologique faible dans une langue transparente comme le Néerlandais (Ormel, 2008). En outre, Miller et al. (2012) ont étudié l'impact de la transparence de la langue d'apprentissage sur la lecture chez les sourds signants, en comparant la lecture de 255 adultes sourds hébreux, arabes, américains et allemands. Les résultats ont montré que les signeurs allemands, malgré la transparence de leur langue, ne sont pas meilleurs lecteurs que les lecteurs des langues plus opaques comme l'Anglais, suggérant que la transparence n'avantage pas donc les sourds dont la LS est la première langue. De ce fait, le codage phonologique pourrait être faible ou absent chez les signeurs d'après cette étude.

Des études oculométriques rapportent des résultats allant également dans ce sens. Elles montrent des temps de fixation équivalents et moins de saccades en régression, chez les adolescents signeurs intramodaux, pour traiter des erreurs homophoniques ou non homophoniques, contrairement aux entendants dont les temps de fixation sont allongés sur les erreurs homophoniques (Cooley & Quinto-Pozos, 2023). Ces patterns de traitement visuel semblent accréditer l'hypothèse d'un traitement non phonologique majoritaire chez les adolescents sourds. Toutefois, certains auteurs postulent que leurs représentations lexicales trouvent leur source, au moins en partie, dans les aptitudes et processus phonologiques (Gutierrez-Sigut et al., 2017; Transler & Reitsma, 2005). D'après Domínguez et al. (2014), les origines des représentations orthographiques sont à la fois visuo-orthographiques (« logogrammiques ») et phonologiques (en relation avec leurs compétences métaphonologiques).

En résumé, chez les enfants oralisants le recours aux processus phonologiques de lecture n'est pas remis en question mais ces mécanismes semblent fragilisés et peut-être compensés par des stratégies visuo-orthographiques. Chez les enfants signants, la preuve d'un codage phonologique est difficile à établir car les études et leur interprétation s'opposent. L'accès à l'identification des mots chez les lecteurs sourds semblent, toutefois, en lien avec des processus visuels, visuo-orthographiques particuliers.

2. Rôle des processus visuels

Les différents modèles de lecture et les expérimentations comportementales suggèrent l'implication de facteurs visuo-attentionnels sur la lecture des enfants sourds oralisants comme signants. Chez l'entendant, l'EVA est prédicteur de la lecture de mots et les preuves de son influence conjointe avec les processus phonologiques semblent avérées. Pourtant, comme nous l'avons déjà évoqué, aucune étude spécifique portant sur l'EVA des enfants ou des adultes sourds n'a été réalisée. La raison principale est certainement que l'EVA est un concept inscrit dans des modèles de lecture pour enfants entendants, qui plus est à voie unique et donc moins consensuel. Néanmoins, nous allons tenter de mieux comprendre le fonctionnement visuel des enfants sourds en lecture afin d'estimer si l'EVA pourrait être, finalement, un facteur explicatif des capacités et difficultés des enfants sourds à identifier les mots écrits.

2.1. Processus visuo-attentionnels et compensation cérébrale chez les sourds

La surdité précoce affecte le fonctionnement neurocognitif et entraîne, en compensation, le développement des compétences sensorielles préservées (Anderson et al., 2017; Dhanik et al., 2024; Petitto et al., 2000). Ces phénomènes sont en lien avec la réorganisation cérébrale consécutive à la privation d'une des modalités sensorielles. Plus précisément, les neurones des régions cérébrales s'intéressent aux « *propriétés multisensorielles vont se spécialiser dans le traitement des informations sensorielles des modalités intactes* » (notamment la vision, en cas de surdité) (Stoll, 2017, p. 4).

2.1.1. Compensation cérébrale visuelle chez les enfants oralisants

Chez les enfants oralisants, une première réorganisation cérébrale s'opère avant appareillage ou implant. Celle-ci n'entraîne pas la fin de la période critique et est réversible en cas d'implantation cochléaire. Après l'implantation, de nouveau, le cerveau sera capable d'une nouvelle adaptation audio-visuelle. Dans certains cas, cependant, cette nouvelle réorganisation entraîne des difficultés dans

l'interaction entre les modalités visuelle et auditive pouvant affecter le développement global, y compris le développement visuel (Deroche et al., 2024; Qiao et al., 2024). Ainsi, des traitements visuels atypiques par rapport aux entendants, tels que des amplitudes accrues des Potentiels Evoqués Visuels (PEV), sont parfois observés chez les sourds, même après l'implantation. Ces PEV indiquent un déploiement particulier de l'attention aux stimuli visuels en réponse à la privation auditive précoce. Ils ne signifient pas une réorganisation complète du cortex auditif par le système visuel, mais plutôt une compensation durable liée à cette privation auditive précoce, avec des effets attentionnels forts sur le traitement visuel (Corina et al., 2024).

2.1.2. *Compensation cérébrale visuelle chez les enfants signants*

Chez les enfants signants, la réorganisation intermodale du cortex auditif s'accompagne d'un développement accru des performances cognitives visuelles supérieures (Lomber et al., 2010). Des études de connectivité cérébrale montrent une relation fine entre les zones auditives et celles impliquées dans l'orientation de l'attention chez les sourds signants (Cardin et al., 2023). Une connexion renforcée entre les zones auditives et visuelles (notamment le cortex visuel dorsal) est observée lors de tâches de discrimination visuelle ou de mémoire de travail visuelle (Andin et al., 2021; Bola et al., 2017). Cependant, bien que cette réorganisation permette d'améliorer certaines tâches visuelles, des capacités visuelles liées au traitement du langage peuvent être moins développées. Pourtant, l'accès aux représentations visuelles des mots écrits n'est pas nécessairement impacté. Chez les signants, le traitement visuel des mots pourrait partiellement s'appuyer sur l'hémisphère droit ce qui améliorerait leur reconnaissance des mots grâce à l'implication de leurs compétences visuo-spatiales (Assor et al., 2020). En outre, Wang et al. (2015) ont étudié l'activation et la connectivité de la zone dédiée à la reconnaissance orthographique des mots (VWFA) chez des adultes sourds signants par rapport aux entendants. La zone VWFA s'active de manière similaire dans les deux groupes, mais sa connectivité avec les régions impliquées dans le traitement de la parole est réduite chez les sourds. En revanche, les connexions entre la VWFA et d'autres régions liées à la lecture (zones frontales inférieures et occipito-pariétales notamment) restent identiques aux entendants. Cela montre que, même sans accès à une langue sonore, la VWFA peut se développer grâce à des connexions avec les zones cérébrales frontales et postérieures. Ces résultats suggèrent que la spécialisation du cerveau pour la reconnaissance des mots écrits est indépendante du canal par lequel la lecture est acquise (auditif ou visuel). Les auteurs proposent que la modulation de la VWFA découle de propriétés linguistiques d'ordre supérieur, indépendantes du mode d'entrée (sonore ou visuel). Son rôle, en cas de surdité, pourrait être de fournir une représentation orthographique suffisante pour faire

correspondre des formes visuelles de mots à des signes spécifiques de la LS, sans nécessiter de représentation auditive.

Ces résultats nous incitent à nous intéresser au rôle de l'EVA. En effet, les tâches activant l'EVA sollicitent principalement les régions postérieures des lobules pariétaux supérieurs. Cette étude montre aussi des connexions robustes entre la VWFA et les régions occipito-pariétales, qui sont également impliquées dans le traitement visuo-attentionnel. Il est donc plausible que l'EVA contribue, chez les lecteurs sourds signants les plus performants, à la réorganisation cérébrale liée à la surdité en compensant partiellement l'absence d'informations auditives tout en renforçant les capacités visuelles nécessaires à la lecture.

A notre connaissance, aucune étude n'a encore exploré l'activation et la connectivité de la VWFA chez les enfants implantés, ni les liens entre cette zone et l'EVA chez les sourds oralisants. Une telle étude permettrait peut-être de mieux comprendre les mécanismes visuels engagés et les raisons des particularités visuelles parfois observées chez les sourds porteurs d'implants.

Toutefois, si cette réorganisation permet le « super-développement » visuel chez les sourds signants et certains sourds oralisants, elle peut entraîner des fonctionnements cognitifs différents. Kral et al. (2016) citent trois domaines neurocognitifs à risque de développement retardé ou atypique en cas de surdité et pouvant expliquer une part de la variabilité importante dans le profil des enfants sourds : les fonctions exécutives (mémoire de travail, contrôle attentionnel, inhibition, flexibilité mentale, etc.), le traitement et l'apprentissage séquentiel, et le domaine conceptuel (capacités de catégorisation notamment). Au niveau attentionnel, les enfants sourds, comparés aux enfants entendants et indépendamment du fait qu'ils utilisent ou non des appareils auditifs/implants, présenteraient une moins bonne capacité à supprimer l'interférence de distracteurs (Merchán et al., 2022).

L'EVA étant un empan mnésique visuel simultané sous contrôle attentionnel, nous nous intéresserons plus particulièrement aux facteurs visuels séquentiels en comparaison aux facteurs visuels simultanés chez les enfants sourds. Ces capacités séquentielles ou simultanées peuvent, en effet, impacter l'identification de mots. Les facteurs visuels séquentiels sont importants lors d'activités de lecture de mots par assemblage quand les facteurs visuels simultanés sont importants lors de l'identification par adressage.

2.2. Traitements visuels séquentiels chez les sourds

L'audition est cruciale pour la perception du temps, car les informations sonores jouent un rôle important dans la détection de la durée ou du rythme des événements. En l'absence de vision, les personnes aveugles utilisent leur perception du temps pour interpréter ou représenter des distances ou des mesures spatiales (Gori et al., 2014, 2018). Inversement, l'absence d'audition crée des difficultés dans la perception temporelle des événements. Pour compenser cela, les sourds utilisent les indices spatiaux de leur environnement pour estimer la durée, le rythme ou la séquence d'événements. Si des indices spatiaux sont en inadéquation avec les indices temporels, la perception d'une durée, d'une séquence (même visuelle) est plus difficilement estimée par les sourds (Amadeo et al., 2019). De ce fait, l'accès aux informations séquentielles sonores et visuelles qui composent l'environnement des sourds leurs sont plus difficilement accessibles et retentissent sur toutes les tâches cognitives impliquant la séquentialité y compris sur la lecture (Grempe et al., 2019).

Pour expliquer les difficultés de lecture des enfants sourds, certains auteurs s'appuient d'ailleurs sur la fragilité des processus mnésiques séquentiels impliqués : *« deaf children have difficulty in remembering ordered sequences of items that are phonologically encoded by hearing children, and relatively poor performance on an STM task might indicate a difficulty with the deployment of phonological coding »* (Harris & Moreno, 2004, p. 255).

Le traitement séquentiel est ainsi souvent affecté chez les enfants sourds ce qui peut entraîner des difficultés cognitives, en particulier dans la mémoire à court terme et de travail, des compétences reliées à la lecture et évaluées par des tâches séquentielles comme le rappel de chiffres.

2.2.1. Séquentialité chez les enfants oralisants

Chez les enfants implantés cochléaire, une part de leurs difficultés en empan séquentiel sont liées à leurs représentations phonologiques sous-spécifiées (Burkholder & Pisoni, 2003; Romano et al., 2021) lorsque la modalité de mesure de l'empan est auditive. Leur temps de traitement auditif serait ainsi significativement plus long pour accéder à la mémoire tampon (Herran et al., 2023; Pisoni, 2005) et leurs résultats équivalents à ceux des enfants entendants de même âge auditif mais pas de même âge chronologique (Bouton, 2010). Toutefois, la différence entre la performance mnésique selon la modalité auditive et visuelle semble importante à considérer (Houée-Pouyat, 2020). Certaines études soulignent l'équivalence des performances entre enfants sourds et entendants en mémoire de travail visuelle, tandis que leurs scores sont plus faibles en mémoire à court terme phonologique ou mémoire de travail auditive (Bharadwaj et al., 2015; Wass et al., 2010). Elles soulignent l'importance de la

mémoire visuelle séquentielle (empan endroit, envers) sur la lecture (Bharadwaj et al., 2015; Edwards & Anderson, 2014). Les résultats restent, cependant, contradictoires : certains indiquant des difficultés séquentielles visuelles (Conway et al., 2011) et d'autres, des performances auditives (avec ou sans LfPC) ou visuo-spatiales séquentielles performantes (Bogaert et al., 2024; Bragard et al., 2019). Finalement, la revue systématique de Lima et al. (2023, p. 8) explique les contradictions entre ces études par l'important nombre d'outils cognitifs différents utilisés pour évaluer les enfants sourds et souligne que « *ce résultat met en évidence l'absence et la nécessité de tests validés pour évaluer cette population cible* ». Cette difficulté liée au matériel disponible pour évaluer les empan séquentiels des enfants signants est majorée.

2.2.2. Séquentialité chez les enfants signants

Chez les sourds signants, les compétences mnésiques séquentielles sont difficiles à évaluer et les méthodologies sont soumises à de forts débats (Andin et al., 2013; Charlier, 2020b; M. Hall & Bavelier, 2010). Leur empan endroit réduit à 4-5 signes s'expliquerait par la forte similitude phonologique entre la forme de certains signes. Ces confusions entre formes « phonologiques » proches en LSF réduiraient leurs compétences de rappel sériel. D'après Andin et al. (2013), l'usage de lettres est possible si elles sont sélectionnées pour éviter la similitude phonologique de la LS. Cependant, Wilson & Emmorey (2006) soutiennent la spécificité des chiffres dans la mémoire à court terme et indiquent que l'empan réduit des locuteurs sourds serait lié à l'effet temporel non comparable entre la production orale articulée rapide et celle de la production manuelle du signe plus ralentie. Les enfants signants démontreraient, en revanche, des compétences similaires à leurs pairs entendants en rappel inverse (Boutla et al., 2004; Wilson et al., 1997). En cohérence avec les travaux sur la plasticité cérébrale cités précédemment, l'encodage d'ordre sériel pourrait être réussi grâce à l'appui sur des informations spatiales (Wilson, 2001). Certains chercheurs travaillent actuellement à développer des tests mieux adaptés, respectant la modalité simultanée et spatiale de la LS (Bogliotti, 2023).

Que les enfants soient oralisants, signants ou bimodaux, la question des performances en mémoire séquentielle reste ouverte car, pour le moment, les supports de test adaptés manquent encore et font l'objet d'investigations par les chercheurs. La fragilité de la mémoire de travail et du traitement séquentiel peuvent avoir des conséquences sur le traitement du langage et de la lecture de mots chez les signants (Charlier, 2020b). Chez les oralisants, 16 à 25% de la variabilité en lecture est expliquée par le raisonnement visuel séquentiel et la mémoire sérielle visuelle (Edwards & Anderson, 2014). En effet, le traitement visuel séquentiel est essentiel pour l'accès aux compétences d'assemblage des mots écrits et pour le traitement successif des mots de la phrase écrite. Néanmoins, aucune étude n'a

évalué le traitement visuel simultané sur les mots, en comparaison. La question est alors de savoir si les enfants sourds peuvent compenser ces éventuelles difficultés de traitement séquentiel par un traitement simultané.

2.3. Traitements visuels simultanés chez les sourds

Chez les enfants sourds, la réorganisation cérébrale implique « *une augmentation de la vitesse de traitement des informations visuelles périphériques avec une redistribution attentionnelle du champ visuel central vers la périphérie ...* » (Stoll, 2017, p. 5). Toutefois, la maturation des processus visuels et attentionnels prendrait du temps et dépendrait de l'âge et du statut auditif des individus. Il faudrait attendre la préadolescence des enfants sourds signants pour que ces derniers rejoignent le niveau visuel des adultes.

2.3.1. Simultanéité chez les enfants oralisants

Chez les enfants oralisants, aucune d'étude ne s'est intéressée au traitement visuel simultané de la lecture. Aucune, à notre connaissance, ne s'est appuyée sur les mouvements oculaires de ces enfants pour comprendre leurs spécificités en lecture.

Si l'EVA n'a jamais été mesuré chez les enfants sourds, les compétences attentionnelles ont fait l'objet de nombreux travaux. Concernant les compétences de maintien de l'attention, une majorité d'études indique que les enfants sourds oralisants sont plus fragiles que leurs pairs entendants (Beer et al., 2014; Horn et al., 2005) mais certaines trouvent que les enfants entendants ou sourds oralisants (porteurs d'implant cochléaire ou de contours d'oreilles) ont les mêmes compétences attentionnelles visuelles (Tharpe et al., 2002).

2.3.2. Simultanéité chez les enfants signants

Chez les sourds signants, les tâches de rappel en présentation simultanée sont mieux réussies qu'en présentation séquentielle (McFayden et al., 2023). Des recherches prolifiques, plus souvent chez l'adulte, ont justement investigué la question de la mémoire visuelle simultanée à travers l'EVP et les visions fovéale-parafovéale. Ce sont ces études qui ont abouti à la **théorie visuelle de la lecture chez les sourds signants**.

La théorie visuelle de la lecture (Bélanger, Slattery, et al., 2012; Bélanger & Rayner, 2015) propose qu'avec « moins d'efforts oculaires » les adultes sourds habiles lecteurs sont aussi performants que les

entendants, même sans codage phonologique. Ils compenseraient la perte auditive par une utilisation accrue de la vision parafovéale, ce qui pourrait être un atout lors de la lecture et d'autres tâches visuelles complexes. Cette théorie a été encore récemment confirmée par des travaux sur le comportement oculomoteur de bilingues ASL-Anglais, monolingues Anglais et bilingues chinois-Anglais. Ceux-ci ont montré que les sourds ASL sautent plus de mots que les bilingues en LV et que ces mots sont choisis sciemment selon leur fréquence/prédictibilité. Grâce à ces stratégies, ils atteignent les mêmes niveaux de compréhension que les bilingues en LV (Traxler et al., 2021).

D'une manière générale, les études s'accordent sur le fait que les adultes sourds signants présenteraient un empan parafovéal performant (Bavelier et al., 2006) ou équivalent entre sourds signants et entendants (Hauser et al., 2007) mais leurs aptitudes de focalisation en fovéa sont plus discutées. Alors que les entendants pourraient se concentrer de manière très sélective sur un champ visuel étroit tout en surveillant l'environnement au sens large par le biais du son, les sourds, en revanche, devraient utiliser la vision simultanément pour accomplir des tâches spécifiques et pour surveiller l'environnement avec une meilleure détection des cibles en champ visuel périphérique. Leur attention serait alors plus répartie au niveau visuo-spatial (Tao et al., 2019). D'autres chercheurs indiquent que le traitement fovéal n'est, au contraire, pas impacté chez les lecteurs sourds signants (Bélanger & Rayner, 2015).

Ce sont les travaux de Bélanger et al. (Bélanger et al., 2013; Bélanger, Slattery, et al., 2012; Bélanger & Rayner, 2013, 2015)²⁰ qui ont réellement défini plus précisément les compétences visuo-attentionnelles simultanées des lecteurs sourds signants. Ils ont d'abord mis à jour les compétences orthographiques utilisées par les lecteurs sourds par une expérimentation, au titre éloquent : « Reading Difficulties in Adult Deaf Readers of French: Phonological Codes, Not Guilty ! » (Bélanger, Baum, et al., 2012). Celle-ci a guidé les travaux suivants vers l'hypothèse d'une compétence visuelle sur-développée chez les lecteurs sourds à travers l'empan perceptif.

Dans une première étude, les chercheurs ont utilisé un paradigme d'amorçage masqué et de décision lexicale avec des stimuli pseudohomophones ou pseudomots orthographiquement proches des cibles, auprès de lecteurs compétents sourds et entendants et de lecteurs moins compétents, sourds. Les stimuli ont été manipulés selon quatre conditions : similitude orthographique et phonologique avec la cible (« bore »-« bord »), similitude phonologique uniquement (« baur »-« bord »), ni similitude orthographique, ni phonologique mais les deux premières lettres conservées (« boin »-« bord ») et aucune similitude (« clat »-« bord »). D'une part, les résultats montrent que contrairement aux

²⁰ Nous regroupons dans la suite de ce texte les différentes études de Bélanger et al., citées.

entendants, les lecteurs sourds, qu'ils soient compétents ou non en lecture, utilisent des codes orthographiques pour reconnaître les mots, mais pas de codes phonologiques. D'autre part, les lecteurs sourds n'ont pas montré d'effet de similitude phonologique lors du rappel de mots écrits, ce qui confirme que les codes phonologiques ne sont pas utilisés par les lecteurs sourds dans cette tâche non plus. Les résultats suggèrent ainsi que les codes phonologiques ne sont pas essentiels à la reconnaissance des mots chez les lecteurs sourds adultes, contrairement aux lecteurs entendants. L'innovation de cette étude est d'avoir séparé les lecteurs compétents des moins compétents. En effet, l'absence de codes phonologiques n'explique pas les difficultés de lecture chez les sourds plus faibles lecteurs puisque les lecteurs sourds compétents n'utilisent pas non plus le codage phonologique. Ni leur niveau de compréhension de la parole, ni leur niveau de lecture ne peuvent expliquer ces résultats. D'autres facteurs, comme le degré d'exposition à l'écrit (Bertran & Beveraggi, 2006) mais aussi des facteurs spécifiquement visuels, pourraient ainsi mieux expliquer leurs résultats.

De fait, les travaux de l'équipe de Bélanger se sont orientés sur **l'empan visuel perceptif** des lecteurs sourds comparativement à celui des entendants à l'aide du paradigme de fenêtre mobile. Ils ont montré que, chez les adultes, les lecteurs habiles sourds signants avaient un empan perceptif plus large (18 caractères) que celui des sourds signants lecteurs plus fragiles (14 caractères). Les lecteurs sourds adultes compétents ont également un empan perceptif plus large que celui des entendants, appariés en niveau de lecture. De plus, l'observation oculométrique de leurs stratégies montrait qu'ils détectaient plus d'informations visuelles en une fixation oculaire que les entendants, pour un niveau de lecture équivalent. Les lecteurs sourds experts faisaient moins de saccades régressives, sautaient plus de mots et les refixaient moins que les lecteurs entendants de même niveau de lecture. Ainsi, les chercheurs soutiennent que les lecteurs sourds signants ont

des connexions plus étroites entre l'orthographe et la sémantique, sont particulièrement attentifs à la composition visuelle-orthographique des mots et détectent rapidement la forme précise des mots, en une seule fixation (comme le montre le nombre réduit de refixations) ou même lorsque les mots sont encore dans la parafovée (comme le montre la proportion plus importante de mots sautés) (Bélanger & Rayner, 2015, p. 225).

L'attention accrue qu'ils développent en parafovée ne s'accompagnerait pas obligatoirement d'un déficit en fovée. Bien que la lecture implique principalement le traitement des mots fixés dans la vision fovéale, les lecteurs sourds utiliseraient également la vision parafovéale pour prétraiter les mots à venir et décider où porter leur regard dans la suite du texte.

L'expérience répétée auprès d'enfants sourds, comparativement à leurs pairs entendants appariés en niveau de lecture (7 à 15 ans), retrouve un empan perceptif plus large chez les sourds que chez les entendants. Cela suggère que la réorganisation de l'attention visuelle en cas de surdité commence dès l'enfance et dépasse le simple traitement de stimuli visuels de base pour s'appliquer à des tâches plus complexes cognitivement, comme la lecture. Le traitement attentionnel liée à la réorganisation cérébrale influence la manière de lire et traiter visuellement l'information.

Toutefois, la lecture chez les sourds repose fortement sur des indices visuels et sémantiques, influencés par le contexte et des variables psycholinguistiques. Une étude de l'équipe de Bélanger (Bélanger & Rayner, 2013) a donc été menée pour mesurer l'influence du contexte et de la fréquence, à partir d'une tâche de décision lexicale, faisant varier le dernier mot d'une phrase selon sa congruence ou son incongruence contextuelle, sa fréquence et sa prédictibilité. Les résultats ont montré que les lecteurs sourds signants moins compétents dépendent davantage des indices contextuels pour comprendre les mots, contrairement aux plus compétents qui peuvent traiter des mots de manière plus autonome. Tous les sourds, quel que soit leur niveau, utilisent le contexte pour interpréter les phrases, mais cette stratégie est plus marquée chez les moins compétents. De plus, la fréquence et la prédictibilité des mots influencent l'identification, indépendamment du contexte, tant chez les sourds que chez les entendants.

On constate également que l'empan perceptif des adultes sourds signants est non seulement plus étendu à droite du point de fixation mais aussi à gauche de celui-ci (Stringer et al., 2024). En outre, chez tous les enfants sourds (oralisants ou signants), sont observés des processus visuels particuliers liés à la lecture des mots uniquement porteurs de sens au détriment des mots grammaticaux « la Key Word Strategy » (KWS) (Domínguez et al., 2014, 2016, 2019). Certains auteurs attribuent néanmoins cette KWS au déficit syntaxique des sourds plutôt qu'une stratégie visuelle compensatoire (Aleg ria et al., 2020).

En conclusion, nous ne savons que peu de choses sur le traitement visuo-attentionnel des enfants implantés/appareillés en lecture à l'exception du fait que des traitements visuels particuliers, conjoints à la reconnaissance lexicale, sont notés par quelques études et que la réorganisation cérébrale peut s'accompagner chez les enfants implantés d'une attention sur-développée aux stimuli visuels. En revanche, chez les enfants signants, des fonctionnements lexicaux directs atypiques, soutenus par des processus visuo-attentionnels simultanés qui correspondent, de plus, à la modalité de leur langue de communication sont soulignés. En outre, l'attention et la perception visuelle sont corrélées à la lecture chez les enfants sourds (Thakur et al., 2023). Or l'EVA est un empan visuel simultané sous contrôle attentionnel, il pourrait donc être particulièrement impliqué en lecture de mots quand les lecteurs

sourds ne peuvent pas s'aider du contexte de la phrase. Si aucune recherche n'a été menée sur ce sujet spécifique chez les sourds, quelques pistes évoquées et liées à la réorganisation cérébrale laissent penser qu'il pourrait être un des facteurs explicatifs de la variabilité en lecture de mots isolés des enfants sourds oralisants et signants.

3. Surdité, processus orthographiques de lecture et EVA

Chez des enfants entendants la lenteur en lecture est une manifestation typique d'une réduction de l'EVA. Les enfants sourds (oralisants, signants ou bimodaux) présentent des difficultés en lecture, notamment une lenteur notable par rapport à leurs pairs entendants. C'est le cas de 66% sourds de l'étude de Easterbrooks & Lederberg (2021). En outre, dans cette étude, les enfants sourds s'auto-correctent moins que les entendants et commettent des erreurs différentes selon leur profil linguistique (voir Tab.3). Ainsi, les signants omettent fréquemment des mots et se corrigent peu, tandis que les oralisants tendent à faire des substitutions de mots et à s'auto-corriger davantage.

Erreurs	S.Oralisants	S.Signants	S.Bimodaux
Nombre total	101	102	101
% omissions mots	25%	70.4%	42%
% substitutions mots	70.4%	0%	54%
% auto-corrections	19%	1.1%	14%

Tableau 3 : Pourcentage d'erreurs et d'auto-corrections réalisées par des enfants sourds selon leur profil en tâche de fluence de lecture de texte (adapté des données de Easterbrooks & Lederberg, 2021)

Le faible nombre d'auto-corrections chez les signants pourrait témoigner du fait qu'ils ne peuvent décoder les mots dont ils ne connaissent pas la forme orthographique et ne peuvent donc s'auto-corriger (Cooley & Quinto-Pozos, 2023). Chez les sourds oralisants, le fait qu'ils commettent majoritairement des substitutions de mots et une majorité d'auto-corrections par rapport aux autres groupes sourds témoigne du fait qu'ils confondent des mots proches (voisins phonologiques ou orthographiques) et sont capables de s'auto-corriger par décodage ou analyse visuo-orthographique complémentaire. Sans données associées sur le traitement oculomoteur, ni sur leur EVA, on ne peut pas savoir s'ils ont utilisé ou non un traitement simultané des chaînes de caractères, s'ils ont fixé tous les mots ou non. Mais nous notons la forte proportion d'enfants sourds lents en lecture ce qui est une caractéristique chez les entendants avec un EVA réduit.

S'il ne fait nul doute que les lecteurs sourds présentent des difficultés en voie phonologique de lecture, leur accès lexical sera forcément également limité selon la t orie de Share (1995). Toutefois, selon la t orie visuelle que nous venons d'évoquer dans la section précédente, les sourds signants liraient

principalement en voie lexicale et développeraient des processus visuels particuliers, dont certains semblent particulièrement efficaces. Les études chez les sourds oralisants relèvent également des stratégies lexicales et suggèrent un usage moins fréquent des stratégies phonologiques que chez les entendants.

Les études sur l'accès lexical écrit pourront peut-être éclairer davantage les stratégies de lecture des enfants sourds et accréditer l'idée de l'implication de l'EVA à travers le modèle BRAID-Acq à voie unique (Steinheilber, 2023). Celui-ci propose que la quantité d'attention détermine les processus d'adressage ou d'assemblage sur le traitement du mot, à travers l'EVA, mais aussi que la voie lexicale soit activée par défaut et bascule en voie phonologique lors de l'échec en voie lexicale.

3.1. Chez les enfants sourds oralisants

Chez les sourds oralisants, les processus phonologiques semblent se développer de manière retardée mais similaire aux entendants, ce qui validerait l'hypothèse de la double voie (Domínguez et al., 2019). Cependant, les enfants sourds oralisants présentent également des particularités dans l'activation des voies de lecture auxquelles les modèles à voies uniques répondent peut-être de manière plus adéquate.

Ainsi, Amenta et al. (2021) décrivent des processus de lecture très proches entre enfants sourds implantés et entendants tant en reconnaissance qu'en vitesse d'identification de mots. Cependant, ils notent une lenteur spécifique en reconnaissance des mots écrits rares. De plus, ils adopteraient des fonctionnements visuels particuliers, notamment pour lire des mots contenant une forte proportion de consonnes. Les résultats de cette étude suggèrent que chez les sourds utilisateurs d'implant cochléaire, une activation lexicale plus systématique pourrait jouer un rôle crucial pour compenser une voie phonologique moins robuste. En raison de l'accès limité à la phonologie, ces lecteurs tendraient à s'appuyer davantage sur la reconnaissance globale des mots. Cette stratégie, basée sur des caractéristiques orthographiques distinctives (telles que la fréquence et la proportion de consonnes), permettrait d'activer efficacement le lexique et de contourner les difficultés associées au décodage phonologique. Ainsi, bien que leurs performances en lecture de mots soient comparables à celles des entendants, les sourds implantés développeraient des représentations lexicales spécifiques qui favoriseraient un accès visuel direct au lexique écrit, leur permettant de maintenir une fluidité en lecture malgré une voie phonologique incertaine. Cette fluidité serait nécessairement entravée sur les mots de faible fréquence qu'ils ne connaissent pas.

L'argument d'une activation lexicale plus systématique a également été avancé par Sabatier et al. (2024). Pour rappel, cette étude montrait que les lecteurs sourds oralisants commettaient moins d'erreurs phonologiquement plausibles que les entendants et possédaient des performances très élevées en décision orthographique (plus élevées que les entendants) alors qu'en transcription, leurs difficultés étaient majorées. Deux arguments majeurs plaident ainsi pour une activation plus systématique de la voie lexicale selon cette étude :

1. En tâche de décision orthographique, les sourds implantés surpassent les entendants malgré la présence de distracteurs pseudohomophones et de pseudomots visuellement proches. Cela soutient l'idée d'une activation lexicale visuelle renforcée. Puisqu'ils sont moins sensibles à la pseudohomophonie, ils peuvent se concentrer davantage sur les indices visuels, ce qui favoriserait la discrimination de formes orthographiques précises.
2. La dissociation entre performances en décision orthographique et en transcription peut s'expliquer aussi par un recours important aux processus lexicaux. En décision orthographique, ils sélectionnent la forme correcte en s'appuyant sur les formes écrites proposées. En revanche, en transcription, ils doivent activer la forme orthographique correcte tout en gérant une charge cognitive élevée pour organiser les lettres dans le bon ordre sans indices visuels supplémentaires. Cette exigence cognitive lourde peut exposer leurs limites sur le double processus phonologique et lexical, surtout si la représentation orthographique des mots est imprécise. Ainsi, la fragilité des processus se traduirait par des erreurs, notamment lorsqu'ils doivent activer précisément l'orthographe d'un mot en l'absence d'indices visuels directs.

En somme, leurs compétences en décision orthographique combinées à leurs erreurs en transcription sont cohérentes avec une stratégie d'activation lexicale visuelle fréquente et un recours moindre à la phonologie, leur permettant de surpasser les entendants en décision orthographique, mais montrant leurs limites dès qu'ils doivent produire l'orthographe sans support visuel. En effet, ces enfants pourraient tenter d'activer des représentations orthographiques même lorsqu'elles sont peu spécifiées, car les représentations phonologiques partielles n'ont pas permis d'encoder des formes orthographiques précises ou sont engrammées avec un degré d'incertitude plus élevé. Ils pourraient également avoir besoin de plus d'expositions que les entendants pour parvenir à spécifier leurs représentations orthographiques. Les processus visuo-attentionnels seraient, dans tous les cas, des aides à la spécification des représentations orthographiques.

L'hypothèse selon laquelle les enfants sourds oralisants utilisent davantage des processus visuo-orthographiques a déjà été émise dans la littérature scientifique (Merrills et al., 1994; Simon, M., et al., 2019). En outre, des traitements visuels particuliers ont été relevés aussi bien en lecture de phrases

(lecture par mots-clés) qu'en lecture de mots isolés (vitesse rapide de lecture des mots et non-mots au détriment de la précision) (Domínguez et al., 2014, 2016; Sahlén et al., 2008).

Cette supposition d'une activation lexicale systématique suggère que celle-ci serait réalisée même avec un EVA réduit. Chez les entendants, l'EVA large est associé à une perception simultanée des lettres qui composent le mot à identifier, ce qui permettrait un accès lexical rapide. En revanche, un EVA réduit ne permettrait de percevoir qu'une partie des lettres qui composent le mot, entraînant une bascule vers une lecture en voie phonologique. Toutefois, pour les sourds oralisants, même avec un EVA réduit, cette bascule pourrait être moins systématique que chez les entendants. Le degré d'incertitude lié au cumul des preuves pourrait être abaissé. Ils auraient néanmoins la possibilité de passer en voie phonologique si le seuil d'incertitudes est trop élevé, par exemple pour les mots rares. En outre, un EVA réduit pourrait expliquer pourquoi les formes orthographiques sont moins bien spécifiées dans le lexique orthographique, ces enfants ayant un appui plus fort sur les positions spatiales des lettres que sur la séquence de lettres, en raison de leurs difficultés séquentielles.

On pourrait alors se demander si, chez les sourds oralisants, l'étendue de l'EVA permettrait de différencier les lecteurs habiles des lecteurs fragiles. Les lecteurs habiles bénéficieraient d'un EVA large, leur permettant de percevoir plusieurs lettres d'un mot simultanément, ce qui favoriserait un accès lexical rapide et précis. Leur entraînement à la langue écrite renforcerait leurs représentations orthographiques, leur permettant de privilégier la voie lexicale, même avec des indices phonologiques limités, et de commettre moins d'erreurs, notamment des erreurs non phonologiquement plausibles. En revanche, les lecteurs fragiles pourraient avoir un EVA réduit, limitant leur capacité à traiter plusieurs lettres simultanément. Cela pourrait les amener à adopter des approches lexicales imprécises ou phonologiques fragilisées, entraînant davantage d'erreurs et liées, plus que chez les entendants, à des confusions visuelles plutôt que phonologiques.

3.2. Chez les enfants sourds signants

Bien que très débattus, les résultats des différentes études indiquent que, chez les signants, l'identification des mots écrit repose probablement peu sur des processus phonologiques. En revanche, les preuves d'une activation lexicale orthographique et sémantique sont nombreuses.

En décision lexicale, les sourds signants réagissent plus rapidement aux mots réels qu'aux chaînes de consonnes, contrairement aux sourds oralisants et aux entendants (Barca et al., 2013). Ils s'appuient davantage sur un traitement visuel basé sur la forme globale des mots et des lettres. En effet, leur

sensibilité prouvée aux contraintes orthotactiques et à la forme des lettres composant les mots, renforcent l'idée d'une relation fine entre l'orthographe et l'accès direct au sens (Gutierrez-Sigut et al., 2022; Lee et al., 2022).

En outre, ils sont moins aptes à corriger leurs erreurs de lecture, moins sensibles aux pseudohomophones et à décider de la pseudohomophonie car utiliseraient préférentiellement le codage orthographique (Bélanger et al., 2013, 2018; Cooley & Quinto-Pozos, 2023; Daigle et al., 2020). Les signants pourraient, en effet, récupérer les formes lexicales écrites sans activation phonologique, contrairement aux entendants (Costello et al., 2021; Cripps et al., 2005; Fariña et al., 2017; Ormel et al., 2010; Peleg et al., 2020). En revanche, ils utiliseraient la compétition lexicale basées sur les représentations orthographiques concurrentes pour identifier des mots.

L'étude de Meade et al. (2019) interroge les processus engagés en reconnaissance de mots chez les sourds signants, en observant leurs capacités d'inhibition latérale couplées aux mesures de PE (Potentiels Evoqués). Ce phénomène d'inhibition latérale caractérise la capacité du lecteur à inhiber, en identification de mots, d'autres mots réels voisins du mot cible, rentrant en compétition avec lui. Pour mettre en lumière ce phénomène, une expérience de décision lexicale par amorçage de mots (e.g. vigne), précédés par des mots voisins (e.g. ligne-vigne) ou par des pseudomots voisins (e.g. figne-vigne), a été créée. Les résultats ont montré, pour les signants et les entendants, un ralentissement des temps de décision pour les mots précédés de mots voisins par rapport aux pseudomots voisins. Celui-ci s'accompagnait d'une réponse physiologique amplifiée (N400) mais, néanmoins, topographiquement différente entre sourds signants et entendants. Les réponses cérébrales des sourds mobilisaient plutôt les zones arrière du cerveau et les entendants les zones cérébrales avant. Cela est interprété par les auteurs comme une plus forte co-activation et compétition entre les représentations phonologiques chez les entendants mais pas chez les sourds qui utiliseraient préférentiellement la compétition lexicale pour identifier des mots écrits mais limitée aux représentations orthographiques.

Le choix du mot reposerait donc sur sa forme orthographique en association avec sa forme lexicale signée par « activation bilingue » (Morford et al., 2011). Ces activations sont flexibles et complexes. Elles ne se limitent pas aux signes empruntant l'orthographe initiale de l'écrit (signes initialisés), ni à l'épellation dactylographiée. Les unités sublexicales de la LS joueraient un rôle fin et important, notamment la configuration et l'emplacement (Morford et al., 2014, 2019). L'iconicité ne faciliterait pas l'accès lexical chez les adultes sourds signants mais participerait aux processus de reconnaissance plus tardifs du traitement du mot écrit (Mott et al., 2020). En revanche, chez l'enfant, le degré de

transparence de l'iconicité et la phonologie du signe (ses caractéristiques paramétriques) pourraient faciliter la lecture (Ormel et al., 2012).

L'ensemble de ces recherches tend donc à prouver que chez les signants bilingues bimodaux à dominante LS ou chez les bilingues intramodaux, l'identification relève peu de processus phonologiques mais bien plus de processus directs orthographiques et sémantiques.

Le rôle de l'EVA dans ce contexte pourrait être crucial. Alors qu'il n'a jamais été mesuré chez les sourds signants, la récente étude de Kamble et al. (2024) a examiné l'effet du *crowding* chez des adultes signeurs. Les résultats révèlent qu'ils sont sensibles à cet effet et qu'ils ont plus de difficultés à traiter des chaînes de lettres lorsque leur longueur augmente (notamment à partir de 4 caractères). Or, l'EVA est influencé par le *crowding* ce qui peut suggérer un empan visuo-attentionnel réduit chez les signants. Cela pourrait aussi impliquer que leur attention est moins concentrée sur le point de fixation, entraînant une meilleure perception des lettres extérieures que des lettres centrales (Tao et al., 2019). D'autre part, leur EVP est étendu uniquement lorsqu'ils sont lecteurs habiles.

On pourrait s'interroger, chez les sourds signants, sur l'étendue de l'EVA. Les lecteurs habiles pourraient bénéficier d'un EVA large, leur permettant de percevoir plusieurs lettres d'un mot simultanément, ce qui favoriserait un accès lexical rapide et précis, lorsque le mot fait partie de leurs lexiques orthographique et LSF. Les confrontations répétées à l'écrit permettraient de préciser les représentations orthographiques et de diminuer les erreurs entre voisins orthographiques. Ils commettraient majoritairement des erreurs non phonologiquement plausibles puisque n'auraient que de très faibles compétences en codage phonologique. Chez les lecteurs fragiles, la réduction de l'EVA entraînerait systématiquement des activations lexicales imprécises. Ils s'appuieraient plus sur les positions spatiales de lettres que sur leur séquence étant données leurs difficultés dans le domaine séquentiel.

Ces questions sur la distribution de l'attention préoccupent actuellement de plus en plus de recherches qui tentent de mieux comprendre les facteurs visuels et attentionnels impliqués dans la lecture des personnes sourdes et notamment dans la reconnaissance des formes orthographiques (voir par e.g. Schotter et al., 2022). La nature des processus visuo-orthographiques engagés chez les enfants sourds restaient jusqu'alors peu explorée. Pourtant, leur fonctionnement cognitif est influencé par leur environnement visuel.

Chez tous les sourds, une attention particulière est dévolue aux formes visuo-orthographiques des mots, aux formes des lettres. Les sourds signants développent des empan visuels perceptifs en rapport avec leurs compétences de lecteurs. En outre, chez les utilisateurs de la LS, Ormel et al. (2022)

retrouvent différents prédicteurs dont l'épellation manuelle qui prédit la fluence en lecture. Comme l'EVA prédit aussi cette compétence chez les enfants entendants, il est possible de se demander si l'EVA pourrait prédire, au même titre que l'épellation manuelle, la fluence en lecture.

Pour toutes ces raisons, il semble que l'empan visuo-attentionnel, prédicteur de la fluence et des représentations lexicales écrites chez l'entendant, pourrait jouer un rôle important dans l'identification des mots écrits chez les enfants sourds oralisants et signants. Outre les compétences phonologiques, la mesure de cette compétence dans les populations sourdes pourrait expliquer leurs stratégies de lecture de mots et une part de la variabilité en lecture lorsque cet empan est réduit.

Résumé du chapitre IV

Ce dernier chapitre théorique tentait de décrire les processus phonologiques et visuels propres aux enfants sourds et leur impact sur la façon dont ils lisent.

Pour les enfants oralisants, les unités phonologiques de la LV disponibles pour identifier des mots écrits sont les mêmes que pour les entendants mais leur accès est plus tardif et dégradé. L'accès à ces unités par la lecture labiale avec LfPC ou par l'orthographe permettent de compenser partiellement les déficits constatés. La conscience phonologique prédit leur identification des mots. Les études qui se penchent sur cette question vont dans le sens de processus de décodage phonologique possibles mais moins efficaces conduisant à des représentations lexicales écrites sous-spécifiées. Des stratégies visuo-orthographiques semblent utilisées pour pallier cela. La réorganisation cérébrale pourrait expliquer, pour une part des enfants oralisants, des traitements attentionnels visuels prégnants. Les preuves d'un déficit de traitement séquentiel visuel sont discutées. Celles d'un traitement simultané visuel, EVP ou EVA, n'ont pas été explorées.

Pour les enfants signants, les unités phonologiques de la LV disponibles pour identifier des mots écrits sont, si elles existent, suppléées par des unités visuelles labiales ou orthographiques. La rime serait probablement une unité disponible dans ce cas. Néanmoins, certaines recherches plaident pour une absence d'accès aux unités phonologiques de la LV et un accès à des unités sublexicales de la LS favorisant l'accès lexical écrit. La conscience phonologique de la LV semble prédire la lecture de mots uniquement chez les enfants bimodaux et chez certains signeurs non natifs. Les recherches s'opposent sur l'existence ou non de processus phonologiques à l'origine des processus lexicaux. Si ces processus phonologiques existent, ils semblent minimes et les traitements orthographiques majoritaires. Des stratégies visuelles et visuo-orthographiques sont reconnues par une majorité d'études. La réorganisation cérébrale implique une attention focalisée sur les processus visuels permettant un accès lexical aux mots écrits (zone VWFA), attesté par les études neurocérébrales. Les processus séquentiels visuels sont supposés déficitaires mais les moyens d'étudier ces mécanismes sont manquants. En revanche, les processus visuels simultanés sont importants et expliquent l'accès à la lecture de phrases à travers l'EVP chez les signants adultes et enfants. Les lecteurs sourds en LS les plus performants sont ceux qui parviennent à lire les mots isolés, dégagés du contexte. Or, pour la lecture de mots, l'EVA n'a jamais été exploré.

Pourtant, l'EVA est prédicteur des représentations orthographiques et de la vitesse de lecture de mots et phrases chez les entendants. Une réduction de l'EVA entraîne ainsi lenteur en lecture et réduction de l'accès à un traitement graphémique large. Ce sont des caractéristiques qui pourraient correspondre aux sourds faibles lecteurs de mots également mais les preuves en ce sens n'ont jamais été vérifiées.

L'ensemble de ce faisceau d'indices invite à explorer la piste de l'EVA chez les lecteurs sourds selon leurs profils linguistiques et auditifs.

Chapitre V : Problématique et hypothèses

Notre revue de littérature a mis à jour les divers profils linguistiques des lecteurs sourds comme les fortes controverses entre chercheurs sur les prédicteurs de la lecture en cas de surdité. Néanmoins, il semble ressortir de ces débats un consensus sur l'origine multifactorielle des difficultés en lecture rencontrées dans cette population. Parmi les causes évoquées, nous nous intéressons plus particulièrement aux causes phonologique et visuelle dans cette thèse.

En effet, chez l'enfant entendant, les modèles de lecture à double voie expliquent les acquisitions des représentations lexicales écrites à travers des processus phonologiques à la base desquels, la conscience phonologique constitue la porte d'entrée vers le décodage (Caravolas et al., 2001; Ehri et al., 2001; Melby-Lerv g et al., 2012; Torgesen et al., 1992). La conscience phonologique est un fort prédicteur de la lecture de mots compte tenu de ses liens avec le décodage. Les activités métaphonologiques activent principalement les zones frontales et temporales gauches du cerveau (Vandermosten et al., 2012). L'entraînement de la conscience phonologique permet l'amélioration des compétences de lecture de mots (Porta et al., 2021; Torgesen et al., 1992; Treutlein et al., 2008). Néanmoins, le poids de la conscience phonologique est modéré selon le degré de transparence de la langue et par ses nombreuses intercorrélations avec d'autres compétences linguistiques (Bandini et al., 2017; Cassano & Schickedanz, 2015; Defior et al., 2008; Lallier et al., 2014; Lallier & Carreiras, 2018; Metsala, 1999).

D'autres facteurs sont identifiés comme prédictifs de l'identification lexicale de mots. Dans les modèles de lecture à voie unique, c'est l'Empan Visuo-Attentionnel (EVA) qui serait une compétence particulièrement explicative des processus lexicaux de lecture. Il jouerait un rôle prépondérant dans la constitution des représentations orthographiques mais également sur la vitesse de lecture (Bosse et al., 2009; Chen et al., 2019; Van Den Boer et al., 2013; Zoubrinetzky et al., 2016; Valdois, Roulin, et al., 2019). Le siège cérébral de l'EVA est identifié dans les zones occipito-pariétales du cerveau (Valdois, Lassus-Sangosse, et al., 2019). Son entraînement permet l'amélioration de la lecture des mots irréguliers mais aussi des pseudomots ainsi qu'une accélération de la vitesse d'identification des mots écrits (Valdois et al., 2014; Valdois & Zoubrinetzky, 2022).

Ces deux compétences « conscience phonologique et EVA » semblent indépendantes mais explicatives d'une part importante des difficultés rencontrées par les enfants entendants pour accéder aux représentations lexicales écrites (Zoubrinetzky et al., 2016). Lorsque les troubles de la conscience phonologique et de l'EVA se superposent, les difficultés des lecteurs sont majorées (Bouvier-Chaverot et al., 2012).

Chez les enfants sourds oralisants, la plupart des chercheurs s'accordent sur une similarité entre les processus de lecture déployés par ces derniers et les entendants (Bouton, 2010; Colin et al., 2017; Lederberg et al., 2019; Webb et al., 2015). Ils auraient un niveau de lecture de mots comparable (Mathews & O'Donnell, 2020a; Wass et al., 2010) ou légèrement inférieur à leurs pairs entendants (Bouton, 2010; Domínguez et al., 2012, 2019). En s'appuyant sur les modèles de lecture les plus consensuels, les modèles à double voie, la lecture de mots chez ces lecteurs sourds oralisants est donc expliquée par l'accès aux processus phonologiques qui permettent, à force d'expositions répétées selon la théorie de Share, l'acquisition de représentations orthographiques. Néanmoins, de récentes recherches montrent que des mécanismes visuels particuliers sont probablement associés à l'identification lexicale écrite (Amenta et al., 2021; Sabatier et al., 2024; Simon, M., et al., 2019). Ces enfants s'appuieraient sur leurs compétences phonologiques souvent sous-spécifiées mais également, et plus que les entendants, sur des compétences visuo-orthographiques pour déterminer l'orthographe des mots. Comme en témoigne leurs performances élevées en décision orthographique et leur plus grand nombre d'erreurs non phonologiquement plausibles, les enfants sourds oralisants développeraient des mécanismes visuels particuliers pour accéder à leurs représentations orthographiques. Une partie de l'explication des mécanismes visuels observés peut se trouver au niveau de la réorganisation cérébrale (Anderson et al., 2017; Dhanik et al., 2024; Petitto et al., 2000). En effet, les réorganisations successives (avant et après appareillage) entre les zones auditives et visuelles peuvent entraîner, chez certains enfants implantés ou appareillés, des capacités attentionnelles visuelles durablement sur-développées pour compenser la perte auditive précoce (Deroche et al., 2024; Qiao et al., 2024). Ces mécanismes pourraient être à l'origine des manifestations visuelles orthographiques constatées en lecture (Corina et al., 2024). Parmi les mécanismes visuels que nous avons exploré dans la littérature scientifique, nous avons différencié les traitements visuels séquentiels et simultanés. Les traitements mnésiques visuels séquentiels participent à la reconnaissance des mots écrits. Or, la mémorisation visuelle séquentielle est probablement plus échouée chez les enfants oralisants que chez leurs pairs entendants. Elle explique, avec le raisonnement visuel séquentiel, jusqu'à 25% de la variabilité en lecture de mots (Bharadwaj et al., 2015; Edwards & Anderson, 2014). Les traitements mnésiques visuels simultanés n'ont, à notre connaissance, pas été mesurés. Un vaste champ de recherches n'est donc pas investigué chez les enfants sourds oralisants, ni sur leurs processus simultanés d'EVP ou d'EVA, ni sur leurs processus oculomoteurs en lecture. Pourtant, de nombreux enfants sourds oralisants peinent à acquérir la lecture (Colin et al., 2021; Easterbrooks & Lederberg, 2021; Herman et al., 2017). Ces processus visuels fondamentaux pourraient donc être essentiels dans l'explication d'une partie des échecs des enfants sourds implantés ou appareillés.

Chez les enfants signants, la conscience phonologique et les processus phonologiques à l'origine de processus lexicaux sont débattus (Camarena, 2022; C. Colin et al., 2013; Costello et al., 2021; Domínguez et al., 2014; Gutierrez-Sigut et al., 2017; McQuarrie & Parrila, 2009; Ormel et al., 2022). Certains sourds signants natifs et les sourds bimodaux pourraient s'appuyer sur des similitudes orthographiques et/ou sur les représentations visuo-labiales (soutenues par le *cued speech*) pour accéder aux unités sous-lexicales de la LV et développer la lecture de mots (Cates et al., 2022; Dodd & Hermelin, 1977; Elliott et al., 2012; Leybaert & Charlier, 1996; Leybaert & Lechat, 2001; Sterne & Goswami, 2000). Toutefois, un grand nombre de recherches pointent la faiblesse de la conscience phonologique ou des activations phonologiques lors de la lecture de mots chez les sourds signants (Costello et al., 2021; Cripps et al., 2005; Fariña et al., 2017; Ormel et al., 2010; Sehyr & Emmorey, 2022a). La plupart d'entre eux, notamment sourds intramodaux, favoriseraient un accès lexical direct par association de formes orthographiques aux signes de la LS (Peleg et al., 2020). L'origine de ces associations est, encore une fois, fortement discutée. Certaines recherches mettent en avant le pont entre l'orthographe et le lexique signé que constitue la dactylogogie (Antia et al., 2020; Lederberg et al., 2019; Padden & Ramsey, 1999). D'autres soutiennent l'accès lexical par le biais des unités paramétriques de la LS (Morford et al., 2014, 2019 ; Ormel et al., 2012). Si ces questions ne sont pas tranchées pour le moment, toutes les recherches s'accordent sur le fait que les lecteurs sourds signants développent des capacités visuo-attentionnelles tout à fait particulières pour identifier les lettres, leur forme, leur place et associer les chaînes de caractères avec le lexique signé (Barca et al., 2013; Bélanger, Slattery, et al., 2012; Bélanger et al., 2018; Bélanger & Rayner, 2015; Meade et al., 2020). Les données neurobiologiques disponibles pour ces lecteurs indiquent que la zone cérébrale spécialisée dans la reconnaissance orthographique des mots (VWFA) est développée et reliée aux zones frontale et occipito-pariétale, siège également des compétences attentionnelles et de l'EVA (Peyrin et al., 2012; Valdois, Lassus-Sangosse, et al., 2019; Wang et al., 2015). La réorganisation cérébrale intermodale entre les cortex auditif et visuel favorise l'apparition de compétences visuelles sur-développées (Stoll, 2017). Le traitement visuel séquentiel pourrait s'avérer toutefois complexe (Charlier, 2020b; Edwards & Anderson, 2014). En revanche, le traitement visuel simultané serait plus efficient (Bélanger, Baum, et al., 2012; Bélanger et al., 2013, 2018; Bélanger, Slattery, et al., 2012; McFayden et al., 2023). Les procédures oculomotrices de traitement des mots dans la phrase montrent des comportements tout à fait spécifiques aux lecteurs sourds qui sautent des mots sciemment selon leur prédictibilité, qui focalisent sur moins de mots et utilisent moins de régressions que leurs pairs entendants de même niveau de lecture (Bélanger & Rayner, 2015; Traxler et al., 2021). Ces comportements sont attribués à une compétence de traitement mnésique visuel simultané, l'EVP. Celui-ci favoriserait le déploiement de l'attention en périphérie du champ visuel mais les études ne s'accordent pas sur les compétences de focalisation en fovéa des lecteurs sourds signants (Bélanger &

Rayner, 2015 ; Tao et al., 2019). On sait, par ailleurs, que les meilleurs lecteurs sourds signants sont ceux qui peuvent lire les mots en se dégageant du contexte (Bélanger & Rayner, 2013). De ce fait, la lecture de mots isolés est une activité tout à fait complexe pour les lecteurs sourds signants et on ne connaît pas, à l'heure actuelle, les processus visuels qu'ils emploient dans cette situation. Or, l'Empan Visuo-Attentionnel étant un empan mnésique visuel simultané, comme l'EVP et comme le mode de transmission de la LS, il est possible qu'il joue un rôle important également chez les enfants sourds signants.

Le modèle BRAID-Acq (Steinilber et al., 2022) est un modèle entendant de lecture de mots. Au sein de ce modèle, l'EVA explique l'accès lexical écrit par le déploiement de l'attention sur un certain nombre de caractères, déterminé par la quantité et la distribution d'attention disponible en une fixation oculaire. De ce fait, **la question que pose cette thèse est de savoir si l'EVA pourrait jouer un rôle dans l'identification des mots écrits chez les enfants sourds oralisants et signants**. Son poids pourrait être majeur dans ces populations qui n'accèdent que peu, pas ou de manière dégradée, à la phonologie de la LV. L'EVA n'a jamais été mesuré en cas de surdité, dans une langue alphabétique. Pourtant, chez l'entendant, son implication sur la constitution des représentations orthographiques est avérée.

Au regard de ces constats, nos travaux de thèse s'appuient sur une étude exploratoire visant à mieux comprendre le rôle de la Conscience Phonologique (CP) et de l'Empan Visuo-Attentionnel (EVA) sur les processus de lecture des enfants sourds présentant différents profils (oralisants vs. signants intramodaux). **Nos objectifs seront :**

	I : Comparaison des performances selon les groupes	II : Comparaison des performances selon le niveau de lecture	III : Poids des variables CP et EVA
Objectifs	Comparer les compétences de conscience phonologique et d'empan visuo-attentionnel des enfants sourds (Sourds Oralisants = S.Or et Sourds Signant = S.Si) à celles d'un groupe contrôle entendant (= E).	Observer les résultats obtenus en conscience phonologique et EVA par les enfants sourds (S.Or et S.Si) et entendants selon leurs performances en identification de mots.	Estimer l'influence de la Conscience Phonologique et de l'Empan Visuo Attentionnel sur l'identification des mots écrits chez des lecteurs entendants, sourds oralisants et sourds signants
	Comparer les processus phonologiques de lecture de mots écrits utilisés par les enfants sourds (S.Or et S.Si) à celles d'un groupe contrôle entendant (E).		

HYPOTHESES

Notre Hypothèse principale suppose l'existence d'un lien causal entre la performance en identification de mots écrits en cas de surdité et respectivement les performances de conscience phonologique d'une part, et d'EVA d'autre part. Nous proposons que ces liens entre identification de mots écrits et EVA/Conscience Phonologique dépendent de la langue pratiquée par les enfants sourds. Enfin, nous postulons une possible compensation de la conscience phonologique par l'EVA chez les lecteurs sourds les plus performants.

I : Comparaison des performances phonologiques et d'Empan visuo-attentionnel selon les groupes

1. Compétences phonologiques

H1 : les S.Si acc deront moins aux processus phonologiques (conscience phonologique et voie phonologique de lecture) que les S.Or et les E.

H1.1 : les S.Si feront plus d'erreurs en détection de rimes que les S.Or qui eux-mêmes en feront plus que les E, toutes conditions confondues (phonologique seule, phono-labiale ou phono-orthographique).

H1.2 : Dans la condition phono-labiale de détection de rimes, les S.Or auront davantage de bonnes réponses que dans les autres conditions.

H1.3 : Dans la condition phono-orthographique de détection de rimes, les S.Si auront davantage de bonnes réponses que dans les autres conditions.

H1.4 : Les S.Si utiliseront moins la lecture par voie phonologique en tâche de décision orthographique et seront moins sensibles à l'homophonie des pseudomots que les S.Or et les E.

2. Empan visuo-attentionnel

H2 : Il n'existera pas de différences significatives entre les enfants E, S.Or et S.Si en EVA (RG + RP)

II : Comparaison des performances de CP et EVA selon les performances en lecture

H3 : Exploration de la répartition des lecteurs selon leurs performances en lecture de mots (précision/temps) : nous nous attendons à une répartition inégale des enfants E, S.Or et S.Si entre les clusters de lecteurs.

H3.1 : Les lecteurs les plus habiles posséderont majoritairement de meilleures performances en CP et EVA par rapport aux lecteurs moins habiles.

H3.2 : Les performances en CP et EVA des lecteurs les plus habiles seront dépendantes de leur groupe : Les E et les S.Or seront performants à la fois en CP et EVA alors que les S.Si seront uniquement performants en EVA.

III : Poids des variables CP et EVA sur l'identification de mots

H4 : Parmi les mesures effectuées, les meilleurs prédicteurs des performances en lecture seront la conscience phonologique et l'EVA pour les S.Or et E alors que pour les S.Si, le meilleur prédicteur sera uniquement l'EVA.

PARTIE II.

Partie expérimentale

Chapitre I : Méthodologie

1. Préambule

Notre étude consiste à mesurer les compétences d'EVA, de Conscience Phonologique et d'Identification de mots écrits de la population infantile sourde comparativement à des enfants entendants.

La triple difficulté de cette étude résidait dans le choix de tâches accessibles et comparables pour trois populations : des enfants sourds en langue vocale, des enfants sourds en LSF et des enfants entendants. En effet, les mesures envisagées ne pouvaient s'effectuer à l'aide de tests spécifiquement adaptés aux enfants sourds francophones car ce matériel n'existait pas ou n'était pas adéquat s'il provenait d'une traduction. Par ailleurs, nous devons tenir compte de la difficulté pour certains enfants sourds de recourir à la vocalisation pour répondre à nos épreuves.

Des préconisations et des stratégies d'évaluation ont néanmoins été envisagées par différents auteurs (Borel & Leybaert, 2020; Colin, 2004; Denys & Charlier, 2006; Iscoa, 2006). Ainsi, les épreuves de jugement semblent offrir un support possible de comparaison des enfants sourds entre eux comme de comparaison des enfants sourds aux entendants (Colin, 2004; Denys & Charlier, 2006; Iscoa, 2006; Peleg et al., 2020). C'est pourquoi, nous avons utilisé cette procédure pour la plupart de nos épreuves. En nous inspirant de recherches antérieures (Charlier & Leybaert, 2000; James et al., 2005; Sterne & Goswami, 2000), nous avons alors créé des épreuves adaptées, dont les variables ont été contrôlées le plus rigoureusement possible.

Nous allons donc, dans cette partie, décrire ce qui a motivé notre démarche et nos choix concernant les participants, le matériel et les procédures. L'étude a été approuvée par le Comité à la Protection des Personnes « EST II » (n°2021-A01404-37). Tous les résultats et réponses aux questionnaires recueillis étaient pseudonymisés grâce à un « code participant ». Seule une table de correspondance permettait d'établir le lien entre le participant et son code propre. Cette table de correspondance était conservée selon les règles RGPD de l'université Toulouse 2 afin de garantir la confidentialité des données.

2. Participants

93 enfants français, scolarisés du CE2 au CM2, ont participé à cette étude. Ainsi, 51 enfants sourds (28 oralisants et 23 signants) ont été comparés à un groupe contrôle de 42 enfants entendants appariés en âge chronologique aux enfants sourds.

2.1. Critères d'inclusion et d'exclusion des participants

2.1.1. Critères d'inclusion

Cohorte enfants sourds : Nous avons inclus les participants âgés de 91 mois (7 ans 7 mois) à 141 mois (11 ans 9 mois), scolarisés du CE2 au CM2, présentant une surdité de perception congénitale ou pré-linguale, appareillée/implantée ou non. En cas de surdité, un retard d'acquisition du langage oral et/ou écrit est fréquemment rencontré. C'est ce qui a motivé nos critères d'âge et de niveau scolaire d'inclusion. Tous les enfants pratiquaient le français écrit quel que soit leur niveau. Tous étaient de langue maternelle française (avec ou sans LfPC) ou de langue maternelle signée (LSF).

A l'aide de questionnaires (voir Annexe 5), distribués aux enseignants et aux familles ainsi que du choix de langue effectué par l'enfant pour réaliser les épreuves, nous avons établi la dominance linguistique de chaque enfant afin de pouvoir le classer dans le groupe Sourd Oralisant (S.Or) ou Sourd Signant (S.Si).

Cohorte enfants entendants : Concernant la population contrôle entendante, les enfants Entendants (E) inclus dans ce groupe ne présentaient pas de perte auditive. Ils étaient scolarisés du CE2 au CM2 et étaient appariés en âge réel à notre population sourde.

A l'aide du questionnaire PABIQ (COST Action IS0804, 2011), nous avons vérifié que les enfants entendants pratiquaient le français comme langue majoritaire.

Sur les tests contrôle, tous les enfants devaient présenter des scores supérieurs à -2 ET/âge en QI_Visuo-Spatial sur la WISC V/ cubes de Kohs (Wechsler, 2016) et en attention soutenue sur l'ODEDYS 2/ Test des cloches (Jacquier-Roux et al., 2005) pour pouvoir être inclus.

2.1.2. Critères d'exclusion

Pour tous les participants, qu'ils soient sourds ou entendants, nous avons exclus ceux porteurs de troubles neurologiques ou développementaux (avérés ou suspectés) comme ceux porteurs de troubles

visuels non corrigés, de retard intellectuel ou de difficultés attentionnelles, à partir des informations fournies par les médecins, recueillies dans les questionnaires ou indiquées par nos tests contrôle.

96 enfants ont été rencontrés mais 3 enfants sourds (2 signants et 1 oralisant) ont été exclus à posteriori car ne répondant pas à nos critères d'inclusion. Notre étude a ainsi porté sur 93 participants.

2.2. Recrutement des participants

Le recrutement de nos participants s'est établi en deux phases : la première correspondant à la sélection des enfants sourds puis la seconde à celle des enfants entendants.

Phase 1 : cohorte des participants sourds

Pour rendre compte de la diversité des profils et pouvoir appliquer nos tests statistiques, nous avons réalisé une étude multicentrique. Ainsi, nous avons pré-sélectionné, avec l'aide des équipes médicales et pédagogiques concernées et selon les critères pré-cités, 24 enfants sourds suivis dans des centres hospitaliers du Sud-Ouest de la France. Nous avons également sélectionné 24 enfants sourds scolarisés au sein des classes bilingues (LSF/Français écrit) PEJS (Pôle d'Enseignement des Jeunes Sourds) du centre et du Sud-Ouest de la France. Enfin, 3 enfants ont été recrutés au sein d'une structure spécialisée pour enfants sourds dans ces mêmes régions.

Phase 2 : cohorte des participants entendants

Nous avons ensuite recruté les enfants entendants au sein d'écoles traditionnelles de la banlieue Toulousaine après accord des directeurs de ces établissements scolaires, des enseignants et des inspecteurs d'académie concernés.

Pour obtenir l'adhésion des participants sourds et entendants sélectionnés pour cette étude, nous avons fourni des notices d'information aux parents comme aux enfants ainsi qu'un formulaire de non opposition (version écrite + LSF via un QR code fourni aux écoles) (voir Annexe 6) signé librement par ceux qui le choisissaient. Tous les enfants inclus dans cette étude ont donc donné leur accord via des consentements et ont participé gratuitement. Seules les familles se déplaçant spécifiquement pour notre étude ont reçu des bons cadeaux en dédommagement.

Un questionnaire (via LimeSurvey (*LimeSurvey: An open source survey tool*, s. d.) ou au format papier) (voir annexe 5) a été transmis aux familles participantes. Il nous permettait d'affiner le profil de chaque enfant et de récolter des informations complémentaires concernant sa communication, sa santé générale et, pour les enfants sourds, les variables spécifiquement liées à leur audition.

Nous avons également demandé aux enseignants et/ou orthophonistes de l'enfant de nous fournir une estimation du niveau de langue vocale, écrite et signée sur une échelle de Likert en 5 points (voir Annexe 5).

2.3. Profil des participants sélectionnés

2.3.1. Description des participants selon les réponses aux questionnaires

L'analyse des questionnaires retournés par les familles et professionnels nous informe sur les différents profils des enfants de nos cohortes (voir Tab.4).

Ainsi les enfants des groupes E, S.Or et S.Si ne se différencient pas significativement ni par leur âge ($F(2,90)=.773$, $p=.465$), ni par leur classe (Test $\chi^2(4)=349$, $p=.986$; Fisher test : $p=.986$), ni par leur niveau de langue majoritaire²¹ (Test $\chi^2(4)=.5.86$, $p=.210$; Fisher test : $p=.213$), ni par la présence d'un bilinguisme vocal (Test $\chi^2(2)=2.67$, $p=.263$; Fisher test : $p=.272$).

En revanche, le mode de scolarisation est significativement différent entre chaque groupe (Test $\chi^2(4)=.104$, $p<.001$). Ainsi, 100% des entendants et 71.4% des sourds oralisants sont scolarisés en classe « ordinaire » contre 0% des sourds signants qui sont tous scolarisés dans des classes PEJS au sein d'écoles « ordinaires ». ¼ des enfants sourds oralisants de notre étude sont également scolarisés en classe spécialisée.

Notons que ces différences de scolarisation s'adjoignaient de différences pédagogiques fondamentales dans l'acquisition de la lecture. Ainsi les méthodes appliquées dans les classes « ordinaires » et spécialisées mettaient en avant la phonologie dès les premiers temps de l'apprentissage. A l'inverse, les enseignements dans les classes PEJS n'utilisaient pas, au moment de notre étude, de phonologie mais favorisaient une entrée dans la lecture via des processus visuo-sémantiques uniques.

Enfin, concernant plus spécifiquement les deux groupes sourds de cette recherche (S.Or et S.Si), nous soulignons des différences significatives concernant l'appareillage (Test $\chi^2(2)=44.9$, $p<.001$) puisque les enfants signants rencontrés ne portaient pas d'appareillage (87%) ou un appareillage ne permettant qu'une très faible récupération auditive. A l'inverse, 89.3% des enfants oralisants portaient

²¹ A des fins d'analyses descriptives globales, nous avons effectué des moyennes sur les niveaux syntaxiques et lexicaux de maîtrise de langue majoritaire de chaque enfant. A partir de ces moyennes, nous avons réduit à 3 catégories le niveau de langue majoritaire estimé (peu/pas de difficultés ; difficultés modérées et difficultés importantes).

un ou des implants cochléaires avec une récupération auditive élevée leur permettant d'atteindre un seuil auditif de 26.5 dB en moyenne pour le groupe.

Les enfants signants vivaient majoritairement dans des foyers de couples sourds (82.6%) qui n'utilisaient jamais la LfPC (93.8%) alors que les enfants oralisants vivaient majoritairement dans des foyers de couples entendants (89.3%) utilisant peu à souvent la LfPC (59.3%).

		E (n=42)	S.Or (n=28)	S.Si (n=23)
Age moyen (en mois)		118.5	120.29	122.04
Classe (% par groupe)	CE2 (n=30)	33.3	32.1	30.4
	CM1 (n=32)	33.3	32.1	39.2
	CM2 (n=31)	33.3	35.8	30.4
Scolarisation (% par groupe)	Classe PEJS	0	3.6	100
	Classe spécialisée	0	25	0
	Classe "ordinaire"	100	71.4	0
Niveau Langue majoritaire estimé (% par groupe)	Peu ou pas de difficultés	88.1	67.9	78.3
	Difficultés modérées	9.5	17.9	17.4
	Difficultés importantes	2.4	14.3	4.3
Bilinguisme LSF + Français vocal		x	14.3	4.3
Fréquence usage LfPC (% par groupe)	Jamais	x	40.7	93.8
	Peu	x	48.2	6.2
	Souvent	x	11.1	0
Surdité parentale (% par groupe)	2 parents entendants	100	89.3	17.4
	1 ou 2 parents sourds_LSF	0	7.2	82.6
	1 ou 2 parents sourds_oral	0	3.5	0
Type appareillage (% par groupe)	Aucun	x	0	87
	Contours	x	10.7	13
	1 ou 2 Implants Cochléaires	x	89.3	0
Seuil récupération auditive (dB moyens)		x	26.5	88.5

Tableau 4 : Résumé des profils des enfants Sourds et Entendants à partir des réponses parentales et professionnelles aux questionnaires

2.3.2. Homogénéité des groupes sur les épreuves contrôle

Nos critères d'inclusion initiaux prévoyaient que seuls les enfants aux scores de QI Visuo-Spatial supérieurs à -2 ET/âge (WISC V, cubes de Kohs (Wechsler, 2016)) et d'attention soutenue supérieurs à -2 ET/âge (ODEDYS 2/ Test des cloches, (Jacquier-Roux et al., 2005) pouvaient intégrer l'étude (voir Annexe 7). Nos groupes E, S.Or et S.Si sont homogènes sur ces variables (QI_VS : $\chi^2(2, 90)=2.08$; $p=.556$; Attention : $F(2, 90)=.59$; $p=.556$) (Tab.5).

Statistiques descriptives							
	statut	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Variance
attention	E	42	0	30.24	31.00	3.24	10.53
	S.Or	28	0	30.32	31.00	3.17	10.08
	S.Si	23	0	29.39	30	3.86	14.89
QI_VS	E	42	0	26.38	26.00	7.04	49.51
	S.Or	28	0	28.93	28.00	7.72	59.55
	S.Si	23	0	26.00	27	5.11	26.09

Tableau 5 : Résultats des groupes E, S.Or et S.Si en Attention soutenue (Attention) et QI visuo-spatial (QI_VS)

Notre première série d'analyses (Analyses I) traitera donc les comparaisons en CP, processus phonologiques de lecture et EVA des groupes linguistiques E, S.Or et S.Si appariés en âge et la seconde série d'analyses (Analyses II) s'attachera à observer les performances en CP et EVA des enfants E, S.Or et S.Si selon leur réussite en lecture de mots à l'aide d'une méthode de clustering. Enfin, la dernière série d'analyses (Analyses III) s'intéressera au poids des variables CP et EVA impliquées dans la lecture de mots chez les enfants E, S.Or et S.Si appariés en âge.

3. Matériel et procédure

Outre nos épreuves contrôle, deux types d'épreuves ont été administrés aux participants (voir tab.6) :

- Les **épreuves principales** permettaient de répondre à nos hypothèses sur la conscience phonologique, l'EVA et l'identification de mots.

- Les **épreuves complémentaires** prenaient en compte d'autres variables externes (facteurs cognitifs et langagiers) pouvant avoir un fort impact également sur l'identification de mots d'après la littérature scientifique.

Tous les résultats bruts obtenus étaient reportés sur des cahiers d'observation, respectivement spécifiques aux enfants sourds ou entendants.

RESUME DES EPREUVES DU PROJET PHONO-VAS-FOR-DEAF	<i>Temps de passation</i>	<i>Objectifs</i>			
<i>Formulaire de non-opposition</i>	A rendre au plus tard le jour de la passation	Accord des parents et des enfants			
<i>Caractéristiques individuelles (questionnaire fourni par la doctorante aux parents) : format papier ou LimeSurvey (anonymisé par un code)</i>	A rendre au plus tard 1 mois après la passation	Vérification des critères d'inclusion/exclusion Liens surdité, communication, niveau de langage et lecture/EVA/CP			
<i>Caractéristiques individuelles (données sur le niveau de langage récoltées dans des questionnaires enseignants et dans les dossiers médicaux lorsque les parents l'autorisaient)</i>	Informations récupérées en direct par la doctorante	Liens niveau de langage et lecture/EVA/CP			
<table border="1" data-bbox="228 846 541 1032"> <tr> <td data-bbox="228 846 541 898">Epreuves principales</td> </tr> <tr> <td data-bbox="228 902 541 954">Epreuves contrôle</td> </tr> <tr> <td data-bbox="228 958 541 1032">Epreuves complémentaires</td> </tr> </table> <i>ÉPREUVES (dans l'ordre de passation)</i>	Epreuves principales	Epreuves contrôle	Epreuves complémentaires	Total = 85 min (1h25) pour les sourds Total = 90 min (1h30) pour les entendants	Avec pause intermédiaire
Epreuves principales					
Epreuves contrôle					
Epreuves complémentaires					
<i>Attention (Barrage, Odedys 2)</i>	2 min	Mesure des compétences attentionnelles			
<i>Cubes de Kohs (WISC V, ECPA Pearson, 2016)</i>	15 min	Mesure du raisonnement visuo-spatial			
<i>Mémoire de travail verbale (empan, Odedys 2)</i>	3 min	Mesure de la mémoire de travail selon la langue (LSF ou français oral) et ses liens avec la lecture de mots			
<i>Lecture labiale (TERMO)</i>	3 min	Mesure des compétences de lecture labiale et ses liens avec la CP et la lecture de mots			
<i>RAN (Odedys 2)</i>	2 min	Mesure de la vitesse de dénomination selon la langue (LSF ou oral) et son lien avec la lecture de mots			
<i>Niveau de lecture (L2MA, lecture flash)</i>	5 min	Vérification du niveau de lecture selon la classe			
<i>Compétences métaphonologiques pour les entendants uniquement</i>	5 min	Mesure des compétences phonologiques de haut-niveau des enfants entendants			
<i>Conscience Phonologique (3 subtests)</i>	13 min	Mesure des compétences d'analyse de la rime phonologique selon les variables sonores, de lecture labiale et de représentations orthographiques			
<i>EVA (2 subtests)</i>	15 min	Mesure des performances d'EVA			

<i>Identification de mots écrits isolés (2 subtests)</i>	15 min	Mesure de l'identification de mots + Analyse des processus phonologiques ou non phonologiques probablement engagés
<i>Décision homophonique sur pseudomots</i>	2 min	Vérification de la possibilité d'accès à la voie phonologique de lecture
<i>Compétences Orthographiques (1 subtest)</i>	5 min	Mesure des compétences orthographiques de base et leurs liens avec la CP

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des étapes chronologiques des passations comprenant formulaire de non opposition, questionnaires, épreuves contrôle, épreuves complémentaires et principales ainsi que des temps de passation et des objectifs de chaque document/épreuve.

Les stimuli et consignes de chaque épreuve ci-après sont disponibles en Annexes 7, 8 et 9.

3.1. Épreuves principales

3.1.1. Conscience phonologique

L'objet de notre étude étant d'évaluer l'influence respective de la conscience phonologique telle que définie consensuellement en langue vocale comparativement à l'influence de l'EVA, nous avons conservé une épreuve sonore. Pour que celle-ci soit adaptée à tous nos groupes, nous avons choisi une épreuve sans vocalisation, sans ambiguïté sémantique et portant sur des unités accessibles précocement : la détection de rimes sur support d'images (Bryant et al., 1990; Cara & Goswami, 2003; Spencer & Tomblin, 2009). 3 images étaient montrées et énoncées successivement : 2 rimantes et 1 intruse non-rimante à désigner.

D'autre part, les études antérieures dans ce domaine (Charlier & Leybaert, 2000; James et al., 2005; Sterne & Goswami, 2000) ont mis en évidence l'importance de la multimodalité des informations permettant l'accès aux représentations phonologiques, en cas de surdité. En suivant ces exemples, nous avons donc créé des épreuves prenant en compte ces différentes variables que sont l'information auditive pure (ex : l'existence ou non d'une rime sonore sur la voyelle finale (noyau) ou sur les voyelle + consonne finales (noyau + coda) entre deux stimuli), l'information visuo-labiale (ex : l'existence ou non de mouvements labiaux similaires en fin de mot entre deux stimuli) et l'accès aux représentations orthographiques internes (ex : l'existence ou non d'une similitude orthographique en fin de mot entre deux stimuli).

Stimuli

Il convenait de nous assurer que le lexique et les images usités dans nos épreuves étaient rigoureusement adaptés à nos deux cohortes. C'est pourquoi, nous avons non seulement pris en compte les critères recherchés dans notre étude (que nous nommerons désormais « rime multimodale » : phonologique, labiale et orthographique) mais également les critères de familiarité et d'âge d'acquisition des mots comme d'imageabilité, de canonicité et de complexité visuelle de l'image.

A. Critères de choix des mots :

Critère de la « rime multimodale » :

Le choix des mots s'est opéré selon les informations multimodales (auditives, labiales, orthographiques) sur lesquelles pouvaient s'appuyer les enfants sourds. Cela impliquait d'élire des mots rimants porteurs de :

-  congruence phonologique (présence de rimes phonologiques = « noyau vocalique final » ou « noyau vocalique + coda finale » identiques),
-  congruence visuo-labiale (= mouvements de la bouche identiques ou non pour décider de la rime finale),
-  congruence orthographique (= lettres identiques ou non en position finale de mots pour décider de la rime).

En faisant varier ces critères, sur la paire rimante comme sur l'intrus à détecter, nous pouvions alors constituer des conditions spécifiques à notre épreuve de décision de rime. Nous les décrirons plus loin (voir p. 171).

Critère de familiarité et caractéristiques psycholinguistiques des mots choisis :

Comme il n'existait pas, à notre connaissance, de bases de données lexicales normées chez les enfants sourds signants, nous avons choisi de répertorier de manière écologique, dans les cahiers de classe de ces enfants, les mots écrits présents selon le niveau scolaire (en privilégiant autant que possible les mots connus dès le CP-CE1, supposés plus familiers pour les enfants de CE2-CM2 que nous rencontrions) (soit plus de 14 300 occurrences au total en CP-CE1).

Les enfants sourds oralisants étant majoritairement scolarisés en classe « traditionnelle » entendante, nous avons considéré qu'ils étaient exposés au même vocabulaire écrit que les enfants entendants et n'avons pas procédé à l'analyse de leurs cahiers scolaires mais nous sommes fondés sur la base de données Manulex (Lété et al., 2004) pour valider nos choix selon le niveau scolaire.

Dans un second temps, nous avons vérifié que le lexique sélectionné écologiquement dans les cahiers était aussi présent dans les bases de données lexicales pour enfants entendants en prenant soin de choisir préférentiellement des mots concrets (plus facilement imageables) et de même nature grammaticale (noms). Nous avons enfin noté la fréquence orthographique de ces mots choisis selon le niveau scolaire considéré.

A partir de cette procédure, 135 mots ont été sélectionnés. Seuls 3 mots apparaissent dans les cahiers des enfants sourds mais pas dans les bases de données ou inversement. Ils ont été gardés car considérés comme connus implicitement par tous les enfants et sans ambiguïté sémantique. Il s'agit de « lego », « shampoing » et « euro(s) ». Ces noms ont ensuite été triés selon nos critères de rime « multimodale » et positionnés en triplet (1 paire rimante + 1 intrus). Dans un souci de contrôle soigneux des variables psycholinguistiques, les stimuli ont été appariés en nombre de syllabes et structure syllabique, en fréquence orale/écrite selon le niveau scolaire d'après différentes bases de données (Alario & Ferrand, 1999; Lété et al., 2004; New et al., 2004).

B. Critères de choix des images :

Critères de canonicité, d'imageabilité et d'âge d'acquisition :

Parmi les mots relevés dans les cahiers des enfants sourds, nous avons noté les différents sens des mots homophones homographes afin de choisir ensuite les images dont la canonicité soit la plus proche de leurs propres représentations mentales (par exemple : si le mot « antenne » convoque fréquemment l'image mentale d'une tige métallique captant des ondes, il n'est pas utilisé en ce sens dans les cahiers des enfants signants mais uniquement dans celui de l'appendice sensoriel sur la tête d'un insecte).

Les mots communs aux deux cohortes ont, en outre, été ciblés selon leur imageabilité et selon l'âge d'acquisition à partir de répertoires psycholinguistiques normés (Alario & Ferrand, 1999; Bonin et al., 2003; Duñabeitia et al., 2018). Cette procédure a abouti à démontrer la limite des bases d'images normées chez les enfants entendants, disponibles pour notre étude. En effet :

-1/ Certains mots connus par nos deux cohortes (bien qu'imageables) n'étaient pas présents dans les bases d'images.

-2/ Les images étaient parfois obsolètes (ex : téléphone) ou ne concernaient pas le concept acquis chez les enfants sourds signants (ex : antenne).

-3/ En recourant à divers répertoires d'images, nos stimuli images montraient une trop forte hétérogénéité des traits et/ou couleurs.

Pour ces raisons, nous n'avons pas pu utiliser les images normées issues de ces banques. Nous avons fait appel à une dessinatrice pour constituer notre propre répertoire d'images pour cette étude, à partir des mots communs aux deux cohortes dont nous disposions. 205 images pour l'ensemble de notre protocole ont été réalisées en couleur afin de correspondre aux standards actuels du quotidien des enfants et de faciliter leur reconnaissance (Ostergaard & Davidoff, 1985; Rossion & Pourtois, 2004).

Afin de vérifier à minima le taux d'agrément et l'âge d'acquisition de ces dessins dans la population tout-venant, nous avons demandé à 20 enfants d'une classe de GS de maternelle de dénommer ces images. D'après les réponses fréquemment données sur les mots cibles, nous avons ensuite créé un questionnaire de dénomination d'images sur LimeSurvey auquel 51 enfants de la Petite Section de Maternelle à la 6^{ème} ont répondu. La majorité des 205 mots du protocole (images correspondant aux épreuves de conscience phonologique et lecture) ont été reconnus à plus de 80% en moyenne et si l'on ne considère que le niveau scolaire spécifique CE2-CM2 (correspondant au niveau scolaire de nos participants), le pourcentage d'accord mot-image atteint 84,45% en moyenne. Pour les 135 images sélectionnées concernant l'épreuve de conscience phonologique, le pourcentage d'accord s'élève même à 89,04%.

C. Constitution des stimuli :

45 stimuli de 3 images (soit 135 images) ont été répartis sous les trois conditions²² de rime multimodale et randomisés pour être présentés dans un ordre aléatoire à chaque participant sur une tâche de désignation d'intrus :

²² Les stimuli répartis sont statistiquement équivalents entre les 3 conditions (voir Annexe 8, section 1.2) en nombre de syllabes, fréquence orale et écrite (lorsqu'elle était disponible) et en taux d'agrément lié aux images. Le nombre de lettres et de phonèmes diffère entre les conditions en moyenne à 1 près.

1 : l'intrus à désigner peut l'être selon son incongruence phonologique et visuo-labiale avec la paire rimante (15 stimuli de 3 images),

2 : l'intrus à désigner ne peut l'être que selon son incongruence phonologique avec la paire rimante (15 stimuli de 3 images),

3 : l'intrus à désigner peut l'être selon son incongruence phonologique et orthographique avec la paire rimante (15 stimuli de 3 images).

Chaque condition prenait ainsi en compte la congruence visuo-labiale en finale de mot (Avec ou Sans Sosie labial) et/ou la congruence orthographique en finale de mot (finales homographes) conjointement aux stimuli phonologiques.

Condition 1 Phono-Labiale

(nommée CPI)

Dans cette condition, l'enfant pouvait recourir uniquement aux indices auditifs et visuo-labiaux (incongruences phonologique et visuo-labiale) mais pas aux similitudes orthographiques en fin de mots (congruence orthographique) pour effectuer son choix d'intrus phonologique.



: parmi les 3 mots imagés énoncés, 2 riment mais pas le 3^{ème}. Cet intrus est donc la cible à désigner (ex : **trousse-pouce-mouche** : « trousse-pouce » riment mais pas « mouche »).



: les mots de la paire rimante ont un mouvement labial similaire en fin de mot mais n'ont pas de similitude avec celui de la cible (ex : **trousse-pouce-mouche** : « trousse-pouce » finissent par les mêmes mouvements labiaux mais pas « mouche ». Cette différence de mouvement labial final entre la cible et la paire constitue un indice visuo-labial possible pour décider de la rime).



: parmi les 3 mots énoncés, aucune congruence orthographique n'est présente entre ces mots en position finale (ex : **trousse-pouce-mouche** : ni « trousse », ni « pouce », ni « mouche » n'ont une orthographe identique en position finale ce qui ne constitue pas un indice visuo-orthographique pertinent pour décider de la rime).

Condition 2 Phonologique Neutre

(nommée CPn)

Dans cette condition, l'enfant pouvait recourir aux indices auditifs (incongruence phonologique) mais pas aux indices visuo-labiaux, ni aux similitudes orthographiques en fin de mots (congruences visuo-labiale et orthographique) pour effectuer son choix d'intrus phonologique.



: parmi les 3 mots imagés énoncés, 2 riment mais pas le 3^{ème}. Cet intrus est donc la cible à désigner (ex : **moto-gâteau-mouton** : « moto-gâteau » riment mais pas « mouton »).



: Les mots de la paire rimante ont un mouvement labial similaire en fin de mot et identique à celui de la cible (ex : **moto-gâteau-mouton** : les 3 mots « moto-gâteau-mouton » finissent par les mêmes mouvements labiaux. Sans différence évidente de mouvement labial entre les stimuli, l'enfant ne peut pas décider de la rime en s'appuyant sur ce type d'indice).



: parmi les 3 mots énoncés, aucune congruence orthographique n'est présente entre ces mots en position finale (ex : « **moto-gâteau-mouton** » : ni « moto », ni « gâteau », ni « mouton » n'ont une orthographe identique en position finale. Ces différences entre les 3 mots empêchent donc l'enfant de décider de la rime en s'appuyant sur ce type d'indice).

Condition 3 Phono-Orthographique

(nommée CPo)

Dans cette condition, l'enfant pouvait recourir aux indices auditifs et à ses représentations orthographiques internes (incongruences phonologique et orthographique) mais pas aux similitudes visuo-labiales en fin de mots (congruence visuo-labiale) pour effectuer son choix d'intrus phonologique.



: parmi les 3 mots imagés énoncés, 2 riment mais pas le 3^{ème}. Cet intrus est donc la cible à désigner (ex : **genou-hibou-tortue** : « genou-hibou » riment mais pas « tortue »).



: Les mots de la paire rimante ont un mouvement labial similaire en fin de mot et identique à celui de la cible (ex : **genou-hibou-tortue** : les 3 mots « genou-hibou-tortue » finissent par les mêmes mouvements labiaux. Sans différence évidente de mouvement labial entre les stimuli, l'enfant ne peut pas décider de la rime en s'appuyant sur ce type d'indice).



: Les mots de la paire rimante présentent une congruence orthographique en position finale de mot contrairement à la cible (ex : **genou-hibou-tortue**. Cette différence sur l'orthographe finale entre la cible et la paire peut être un appui pertinent pour l'enfant afin de décider de la rime).

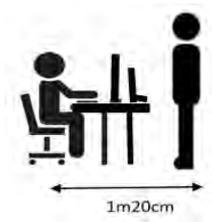
En comparant les conditions, nous pouvions alors observer les performances en conscience phonologique rimique et révéler l'influence des conditions de rime multimodale (visuo-labiale ou orthographique) sur la tâche de décision de rimes pour chacun de nos groupes.

Nos 135 stimuli images ont été intégrés sur le logiciel open source nommé « openSesame_3.3.11 » (Mathôt et al., 2012) et randomisés. Les stimuli sonores ont, en revanche, été livrés aux participants en direct par le même expérimentateur (l'orthophoniste-doctorante), à voix normale et en veillant à l'absence de contre-jour. Si cette procédure implique une possible variation dans la production des stimuli sonores et signés propres au locuteur (variabilité liée aux qualités vocales ou digitales, tonicité articulatoire et digitale, débit, environnement sonore et distracteurs visuels, ...), elle offre néanmoins des conditions plus écologiques et favorables à la perception visuelle. La présentation de 3 images plus une vidéo de l'expérimentateur sur un écran d'ordinateur aurait sinon restreint considérablement la taille des informations labiales et signées disponibles. En outre, la situation de « face à face » est généralement plus favorable à la lecture labiale que la situation vidéo en cas de surdité (Petithomme, 2013, p. 84) et permet une transmission sonore en 3D. La situation vidéo est également incomplète pour la transmission d'un message en langue des signes car ne rend pas suffisamment compte de la perception du mouvement (Benchiheub, 2017; Segouat & Braffort, 2009). Afin d'offrir les meilleures conditions perceptives (visuelles et sonores) aux enfants sourds de notre étude, nous avons donc préféré une transmission directe des informations par un même expérimentateur.

Description et procédure de l'épreuve de Conscience Phonologique

La tâche demandée à l'enfant consistait à désigner l'image qui ne rimait pas avec la paire parmi les 3 présentées sur l'écran d'ordinateur et énoncées successivement par l'expérimentateur (oral uniquement ou oral + signes selon la langue de l'enfant). Aucun mot n'était écrit.

Les consignes sont données dans la langue choisie par l'enfant (français vocal avec/sans LfPC ou LSF) et présentées également sous forme écrite sur l'écran d'un ordinateur, placé à hauteur des yeux de l'enfant. Le dispositif informatique est relié à un clavier externe 3 touches, colorées en jaune, bleu et rose permettant d'enregistrer les réponses du participant. L'expérimentateur s'installe en face de l'enfant, à environ 1m20 (en veillant à ce que ses lèvres soient nettement visibles). Il peut visualiser l'écran pour produire les stimuli, grâce à un second écran relié au 1er.



Une fois la consigne donnée, une phase d'entraînement sur 4 items (4 séries de 3 images) est proposée avant le démarrage réel de l'épreuve.

-Pour les enfants sourds signants : Les 3 images apparaissent sur l'écran d'ordinateur (Fig.19). Sous chacune s'affichent des ronds colorés (1 jaune, 1 rose et 1 bleu) correspondant aux couleurs des touches du clavier fourni à l'enfant. L'expérimentateur signe (pour s'assurer de l'agrément entre image et mot) et dénomme oralement l'une après l'autre chaque image, au rythme de 1 mot/2s environ, à voix normale. Chaque série de stimuli est suivie par un masquage (###) pendant 500ms. Le temps de décision est mesuré (en ms) à partir de la fin de l'énoncé des stimuli.

-Pour tous les autres enfants sourds ou entendants : Les 3 images apparaissent sur l'écran d'ordinateur (Fig.19). Sous chacune s'affichent des ronds colorés (1 jaune, 1 rose et 1 bleu) correspondant aux couleurs des touches du clavier fourni à l'enfant. L'expérimentateur dénomme oralement (sans LfPC) l'une après l'autre chaque image, au rythme de 1 mot/2s environ, à voix normale. Chaque série de stimuli est suivie par un masquage (###) pendant 500ms. Le temps de décision est mesuré (en ms) à partir de la fin de l'énoncé des stimuli.



L'enfant tape sur la touche colorée du clavier correspondant à l'image intruse car non rimante.



Figure 19 : Exemple de stimuli de CP (condition neutre : trousse, pouce, mouche)

Cotation

Le logiciel OpenSesame donne le score de réussite (1 ou 0 en cas d'échec) ainsi que le temps de réponse pour chaque série.

Ainsi, l'enfant obtient un score total de réussite /45 et un score par condition /15 : condition 1 (CPI) ; condition 2 (CPn) et condition 3 (CPo).

- Une comparaison des performances de CP selon l'influence de la lecture labiale sera obtenue en observant la différence entre les scores (/15) aux conditions 1 et 2.
- Une comparaison des performances de CP selon l'influence de l'orthographe sera obtenue en observant la différence entre les scores (/15) aux conditions 2 et 3.
- Enfin, le score global de réussite en CP s'exprimera par addition des scores de chaque condition, soit un score brut /45.
- Les temps de réponses en CP par condition et au total ont été mesurés en ms.

3.1.2. *Empan Visuo-Attentionnel (EVA)*

Nous avons utilisé le logiciel EVADYS (Valdois et al., 2017), normé chez les enfants entendants, afin de mesurer la compétence d'Empan Visuo-Attentionnel chez nos participants. Il est conçu pour évaluer le nombre d'unités graphiques que l'enfant mémorise simultanément en une fixation oculaire. Il se divise en deux subtests : report global et report partiel.

Stimuli

Pour les subtests Report Global (RG) et Report Partiel (RP) (Fig.20), 150 stimuli lettres sont présentés en séries de 5 consonnes, simultanément et en temps limité (200 ms) sur l'écran d'ordinateur. Lors de l'épreuve, aucune précision n'est donnée à l'enfant sur le nombre de consonnes totales utilisées ou sur le nombre stable de consonnes dans chaque séquence.

Pour toutes ces épreuves, les stimuli lettres ont été choisis parmi 10 consonnes (B, P, T, F, L, M, D, S, R, H) en évitant d'induire tout traitement cognitif propre à la lecture mais afin qu'elles soient identifiées chacune isolément. Ainsi, les séquences de 5 lettres n'incluent ni graphèmes complexes lisibles (ex : CH), ni conversions grapho-phonémiques possibles, ni séquences familières (ex : HLM), ni abréviations pouvant correspondre à un mot (CMPTR pour compteur par exemple). Dans chaque

séquence, les lettres sont espacées entre elles afin d'éviter les effets de *crowding*. Valdois, Guinet, & Valdois et al. (2017) précisent également que « l'identification d'une lettre n'apporte aucun indice sur l'identification des autres lettres de la séquence ».

Une épreuve contrôle vérifiant la vitesse de reconnaissance des lettres isolées est également prévue dans le logiciel EVADYS (épreuve-contrôle seuil de lettres).

Description et procédure de l'épreuve d'EVA

Subtest 1 : *L'épreuve de report global permet de mesurer le nombre précis de lettres que l'enfant peut mémoriser simultanément en une fixation oculaire.*

Il consiste à rappeler une séquence de 5 consonnes (ex : PSFHT), non prononçables comme un mot, présentées pendant 200 ms et précédées entre elles par un point de fixation durant 1000 ms. 20 séries de 5 lettres (100 stimuli) sont présentées simultanément à l'enfant. Cette épreuve n'étant pas en temps limité, chaque sujet pouvait redonner la suite de lettres mémorisée (peu importe l'ordre des lettres) selon son choix linguistique (modalité sonore en français oral ou visuelle en dactylogogie).

Subtest 2 : *L'épreuve de report partiel permet de mesurer la mémorisation des lettres en fonction de leur position dans la séquence.*

Il consiste à rappeler une seule lettre, celle indiquée par une barre verticale, dans chaque série de 5 consonnes présentées simultanément pendant 200 ms et précédées entre elles par un point de fixation durant 1000 ms (50 stimuli). 50 séries de 5 lettres se succèdent. De même que pour le subtest précédent, l'enfant pouvait énoncer ses réponses sur une modalité orale ou dactylogogique selon son choix.

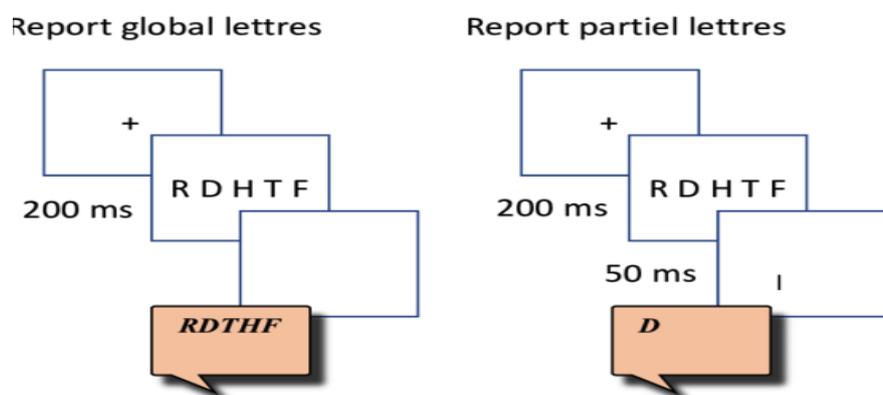


Figure 20 : Reports global (à gauche) et partiel (à droite) (issue de valdois, 2020)

Une tâche contrôle nommée « seuil de lettres » est associée à ces épreuves et permet de vérifier la capacité des participants à identifier des lettres isolées. Dans cette tâche, le point de fixation central est suivi de la présentation d'une seule lettre sur l'écran pendant 33, 50, 67, 84 et 100 ms (temps de présentation variant aléatoirement). Chaque lettre présentée est précédée d'un masque restant à l'écran pendant 150 ms. L'enfant doit dénommer la lettre après disparition du masque. Pour les signeurs, cette vérification a été effectuée en dactylogogie.

Nous avons également vérifié auprès des enseignants des enfants signeurs que tous les participants disposaient de compétences correctes en dactylogogie de manière générale.

Procédure :

Deux subtests permettent d'évaluer la performance d'empan visuo-attentionnel sur EVADYS : le report global et le report partiel. Pour chaque subtest, le testeur introduit les consignes à l'écrit sur l'écran d'ordinateur et dans la langue choisie par l'enfant (oral avec/sans LfPC ou LSF) pour s'assurer de la bonne compréhension de celles-ci. Les réponses données par les participants (orale ou dactylogogie) sont tapuscrites dans le logiciel par le testeur lorsque l'enfant a terminé son énoncé.

Les conditions de passation ont respecté les 4 règles énoncées dans le manuel de passation, à savoir :

- Vérifier que les yeux de l'enfant sont à la hauteur du centre de l'écran, au niveau des points de fixation et séquences de lettres
- S'assurer d'une distance entre yeux et écran de 50 cm
- S'assurer d'une luminosité modérée sans reflet sur l'écran ou contre-jour
- S'assurer pour chaque essai de la bonne fixation du point central

Cotation

Le score de RG correspond à une réussite ou un échec (1 ou 0) pour chaque lettre énoncée (max = 100). **Le score de RP** correspond au nombre de lettres indicées correctement identifiées (max = 50), selon leur position dans la séquence (1 pour une réussite ou 0 pour un échec) soit un score brut (/50). Le score d'EVA global correspond au cumul des 2 scores RG et RP (/150).

L'algorithme du logiciel EVADYS calcule d'après les résultats bruts un score de réussite /5 à chaque subtest ainsi qu'un score global /5. Nous avons noté à titre informatif sur les cahiers d'observation ces résultats. Cependant, pour des raisons statistiques, nous avons préféré conserver les scores bruts. Nous avons également ajouté les scores par position pour chaque subtest.

Le score seuil de lettres correspond au temps le plus court pour lequel 80% des réponses sont correctes pour 10 lettres proposées sur 5 temps (33, 50, 67, 84 et 100 ms) soit un score de réussite (0 ou 1) /10 pour 5 conditions de temps (= 50 essais).

3.1.3. *Identification de mots écrits*

Afin d'évaluer les compétences de nos participants en identification de mots écrits, nous avons créé une tâche de décision orthographique parmi des distracteurs (un mot-cible à désigner parmi un distracteur phonologiquement plausible et un distracteur non phonologiquement plausible mais orthographiquement proche de la cible). Cette épreuve nous permettait d'observer leurs performances (scores de réussite pour chaque item), leur vitesse (temps de décision pour chaque item) et leurs stratégies phonologiques ou non phonologiques probablement employées (type d'erreurs majoritairement commises) en identification de mots écrits.

Stimuli

Rappelons qu'une épreuve vocale aurait été mal adaptée au public sourd pour des raisons de difficultés articulatoires voire de non vocalisation. C'est pourquoi nous avons choisi une tâche de décision orthographique en lecture silencieuse inspirée des épreuves normées pour les enfants entendants « Timé 3 » (Écalle, 2006) et EVALEC (Sprenger-Charolles et al., 2010). Néanmoins, nous avons modifié les épreuves originelles afin d'adapter les épreuves et mettre en évidence les stratégies spécifiques des participants tout en nous appuyant sur des mots faisant effectivement partie du lexique écrit de nos cohortes.

A. Critères de choix des mots :

Constitution des mots cibles :

Fréquence/familiarité des stimuli-cibles : Comme pour l'épreuve de conscience phonologique, nous avons utilisé les mots issus du rapprochement du lexique écrit puisé dans les cahiers des enfants sourds signants (prioritairement mots de CP-CE1) et du lexique écrit présent sur les bases de données, connu par les enfants entendants, en suivant les mêmes contraintes psycholinguistiques qu'évoquées précédemment (voir p. 164 à 165) (familiarité des mots écrits chez les signants, fréquence orale et orthographique, utilisation préférentielle des noms si possible concrets, nombre de phonèmes, lettres et syllabes, âge d'acquisition). Notons qu'aucun mot de l'épreuve de conscience phonologique n'a été

réutilisé pour notre épreuve d'identification de mots afin qu'aucun item à identifier n'ait été prononcé ou signé préalablement par l'expérimentateur.

Consistance/ Régularité des stimuli-cibles : Nous avons constitué un éventail de 32 mots (16 mots très consistants et 16 mots moins consistants) à identifier à partir du lexique écrit restreint à notre disposition. Les mots consistants (relevant de conversions grapho-phonémiques de haute fréquence selon Catach, 1980) et inconsistants (relevant de conversions grapho-phonémiques de faible fréquence selon Catach, 1980) équivalents, autant que possible, en nombre de lettres et syllabes pour constituer nos mots cibles. Ces mots ont été répartis en 4 catégories selon leur complexité graphémique suivant un continuum, à l'instar du test EVALEC (Sprenger-Charolles et al., 2005). 8 mots R1 étaient très consistants avec un phonème = une lettre, 8 mots R2 étaient consistants et comportaient un bi- ou trigramme correspondant à un phonème, 8 mots R3 étaient moins consistants car présentaient un graphème contextuel associé ou non à un bigramme, 8 mots R4 étaient inconsistants car comportant des graphèmes à la prononciation rare (Sprenger-Charolles, 2011). La fréquence orale et orthographique, le nombre de phonèmes, de lettres et syllabes comme le taux d'agrément mot-image des mots cibles choisis selon leur degré de consistance (R1/R2/R3/R4) ne se différencient pas significativement (voir Annexe 8, section 3.1).

Longueur des stimuli-cibles

20 mots supplémentaires ont été choisis pour constituer nos mots cibles : 10 mots courts (1 syllabe de 4 lettres en moyenne) et 10 mots longs (2 à 4 syllabes de 8,2 lettres en moyenne) ont été appariés autant que possible en régularité (1 R1/ 3 R2/ 3 R2-R3/ 1 R3 et 2 R4). Les mots longs et courts diffèrent significativement en nombre de lettres, de phonèmes et de syllabes mais pas en fréquence orthographique (voir Annexe 8, section 3.1).

Ainsi, 52 mots cibles ont été sélectionnés pour constituer notre épreuve de décision orthographique et appariés à une image cible associée.

Constitution des distracteurs phonologiquement et non phonologiquement plausibles :

L'épreuve du Timé 3 (Écalle, 2006) sur laquelle nous nous sommes fondés consiste pour l'enfant à choisir le mot cible correspondant à l'image présentée (ex : glace) parmi 4 types de distracteurs : un pseudomot homophone (ex : glasse) ; un mot voisin orthographique (ex : glacier) ; un non-mot créé par substitution d'une lettre (ex : gloce) et un non-mot créé par réduction syllabique (ex : gace). Ces deux derniers types d'items ont été éliminés de nos listes car nous pouvions sinon difficilement attribuer ces choix à des processus spécifiquement phonologiques ou visuels (ex : « gace », ce choix

relève-t-il d'un dysfonctionnement de l'assemblage phonologique ou est-ce une omission visuelle ?). In fine, nous avons donc décidé de présenter l'image face au mot cible écrit et deux distracteurs. A l'instar des travaux de Plisson et al. (2010) ou Daigle et al. (2020), nous avons classifié ces distracteurs sous les termes de distracteurs phonologiquement plausibles ou non plausibles.

- **Les mots distracteurs non phonologiquement plausibles** ont été choisis pour leur proximité orthographique avec la cible tout en nous assurant de leur non homophonie avec celle-ci.

Au niveau orthographique : Nous nous sommes appuyés sur la distance de Levenshtein (Yujian & Bo, 2007) pour choisir ce type de distracteurs. Il s'agit d'un score mesurant la proximité orthographique entre deux mots en comptabilisant le nombre minimal de caractères supprimés, insérés ou remplacés pour passer d'un mot à l'autre. En d'autres termes, plus la distance est proche de 0, plus les mots sont similaires au niveau orthographique.

Nos stimuli non phonologiquement plausibles sont, autant que possible, des voisins orthographiques des cibles avec une distance moyenne = 1,46. Ils ont tous été constitués par substitution et ajout ainsi que par inversion ou omission de lettres en partant du mot cible.

Au niveau morphologique : Nous avons ôté les items voisins-orthographiques issus d'une dérivation morphologique de la cible afin de ne conserver que des similitudes strictement orthographiques entre la cible et son distracteur non phonologiquement plausible, sans intervention de la morphologie et de son caractère sémantique.

Au niveau de la fréquence et de la lexicalité : Nous avons préféré des mots réels et non des pseudomots orthographiquement proches des cibles afin de rendre compte d'une possible stratégie directe de lecture et d'observer l'influence de voisins orthographiques réels. En outre, ce choix a été motivé par le fait que les lecteurs sourds sont relativement sensibles à la lexicalité, au voisinage orthographique (Barca et al., 2013; Meade et al., 2019) et aux particularités visuelles des mots (Gutierrez-Sigut et al., 2022; Lee et al., 2022; Meade et al., 2020). Néanmoins, il nous a semblé préférable que le distracteur non phonologiquement plausible soit un mot rare (du moins plus rare que la cible) afin d'harmoniser autant que possible l'effet de lexicalité entre les distracteurs phonologiquement et non phonologiquement plausibles.

- **Les distracteurs phonologiquement plausibles** ont été constitués de pseudomots choisis pour leur homophonie avec la cible.

Au niveau phonologique : nous nous sommes appuyés sur le calcul de la distance paradigmatique (Lecours & Lhermitte, 1969). Il s'agit d'une mesure de distance phonologique s'appuyant sur la quantité de traits phonémiques partagés entre deux phonèmes. Les distances entre phonèmes consonantiques peuvent aller de 0 à 5 et de 0 à 8 pour les phonèmes vocaliques. Plus la distance calculée est proche de 0, plus la similitude entre deux phonèmes est importante. Nos stimuli phonologiquement plausibles sont systématiquement homophones avec les mots cibles. La distance totale calculée (phonème à phonème) entre les cibles et ce type de distracteur est donc invariablement égale à 0. A l'inverse, aucun de nos stimuli non phonologiquement plausibles ne sont homophones à nos cibles (distance paradigmatique variant de 1 à 7). L'utilisation d'une mesure plus récente, la Distance Phonologique de Levenshtein (DPL) (utilisée par Sabatier et al., 2024) corrobore les différences phonologiques entre les stimuli phonologiquement plausibles et les mots cibles (DPL moyenne = 0) et entre les stimuli non phonologiquement plausibles et les mots cibles (DPL = 1.56). De cette façon, en cas d'erreurs phonologiquement plausibles réalisées, celles-ci nous semblaient plus clairement imputables à des choix phonologiques.

Au niveau orthographique : Il nous semblait important d'harmoniser nos distracteurs sur le plan de la distance orthographique afin de ne pas induire une stratégie orthographique préférentielle dans les choix de nos participants. Nous avons donc vérifié que les distracteurs phonologiquement plausibles soient orthographiquement aussi proches des cibles que les distracteurs non-phonologiquement plausibles en mesurant la distance orthographique de Levenshtein.

Au niveau de la fréquence graphémique : les transformations graphémiques opérées permettaient de respecter la stricte homophonie entre le mot cible et le distracteur phonologiquement plausible. Etant donné la faible quantité de mots cibles imageables à notre disposition, le nombre de contraintes fixées préalablement sur nos mots cibles et nos pseudomots homophones aux cibles, ainsi que l'appariement en distance orthographique désiré, nous avons tenté de contrôler au mieux la complexité graphémique des distracteurs phonologiquement plausibles. Ainsi, parmi nos stimuli distracteurs phonologiquement plausibles, 51,92% sont formés de graphèmes plus complexes et rares que ceux des cibles (ex : pêshe pour pêche) et 48,08% de ces distracteurs sont formés de graphèmes plus simples et fréquents que ceux des cibles

(ex : **p**inture pour **pe**inture). Nous avons également recouru pour certains pseudomots à l'ajout de lettres muettes (ex : h, t en final) ou au doublement d'une consonne (ex : ll pour l) pour respecter le critère de distance orthographique similaire entre distracteurs.

En résumé : Nos stimuli non phonologiquement plausibles sont de fréquence orale-écrite plus rare et d'AoA plus tardif que ceux de nos stimuli cibles. Nos distracteurs phonologiquement plausibles et non plausibles ne se différencient pas significativement en nombre de lettres, de phonèmes et de syllabes ni en distance orthographique entre eux. Ils ne se distinguent pas non plus selon le lieu de modification dans le mot (syllabe initiale, médiane, finale ou combinaison de lieux). En revanche, ils se différencient significativement en distance phonologique entre eux.

Ainsi, 104 distracteurs ont été créés selon ces principes : 52 distracteurs phonologiquement plausibles et 52 non phonologiquement plausibles ont été appariés aux mots cibles après contrôle des variables psycholinguistiques.

B. Critères de choix des images :

Notre sélection des images a relevé des mêmes procédures que pour l'épreuve de conscience phonologique.

Nous avons ainsi retenu les critères de canonicité, d'imageabilité et d'âge d'acquisition comme celui de complexité visuelle de l'image. Pour les mêmes raisons et les mêmes écueils qu'évoqués précédemment, nous avons fait appel à une dessinatrice et vérifier l'agrément auprès d'enfants tout-venants. Cependant, la faible quantité de mots à notre disposition suite à nos choix de procédures (notamment les mots inconsistants) nous a contraint à minorer le seuil d'agrément acceptable pour atteindre 75% d'accord moyen sur les images de l'épreuve de lecture. Certaines images à faible taux d'agrément ont, en outre, été conservées lorsqu'aucun risque de confusion sémantique avec les distracteurs écrits n'était identifié (ex : « automne-otonne-autonome » mais arbre n'était pas proposé). Ce choix pouvait notamment jouer sur l'allongement des temps de décision.

54 images suivant ces critères ont donc été créées pour cette épreuve et ses entraînements.

Les consignes, les images et mots cibles/mots distracteurs ont tous été intégrés sur le logiciel OpenSesame (Mathôt et al., 2012) afin que nos stimuli soient randomisés. De plus, pour chaque stimulus, les mots à identifier apparaissaient en ordre aléatoire selon leur qualité de mots cibles ou

distracteurs phonologiquement ou non phonologiquement plausibles, sous l'image. Des cadres de couleurs fixes ont été utilisés pour présenter les mots écrits. Le mot qui apparaissait à gauche de l'écran était systématiquement encadré en jaune, celui qui apparaissait au centre de l'écran était systématiquement encadré en rose et celui qui apparaissait à droite de l'écran était systématiquement encadré en bleu. Un clavier externe à trois touches colorées (aux mêmes teintes que les cadres de l'écran) servait à l'enfant pour décider de ses réponses. Chaque séquence de 3 mots/1 image était précédée d'un masquage (###) durant 500 ms. Une phase d'entraînement sur 2 items a été prévue.

Description et procédure de l'épreuve de lecture de mots

Sur une modalité de décision orthographique, l'enfant devait décider quel mot parmi 3 (cible-distracteur phonologiquement plausible-distracteur non phonologiquement plausible) correspondait le mieux à une image en tapant son choix de mot sur un clavier à 3 touches colorées (Fig.21).

Epreuve : son but était d'évaluer l'identification de mots en qualité et vitesse mais également d'observer le type d'erreurs majoritairement commises (phonologiquement plausibles ou non phonologiquement plausibles).

52 stimuli composés de 3 mots (la cible-le distracteur phonologiquement plausible et le distracteur non phonologiquement plausible) et 1 image (ex : image d'une rivière et choix parmi 3 mots écrits : rivière-rivierre-rizièrre) apparaissaient à l'écran aléatoirement. La tâche était précédée d'un entraînement sur deux stimuli. Le temps de décision (en ms) pour choisir le mot était enregistré par le logiciel tout comme les réussites et erreurs réalisées (0/1).

Procédure :

La consigne était donnée dans la langue choisie par l'enfant (français oral avec ou sans LfPC et/ou LSF) conjointement à l'information écrite sur l'écran d'ordinateur. L'image apparaissait en haut et au centre de l'écran d'ordinateur. Les mots cibles et distracteurs apparaissaient en ordre aléatoire sous l'image (à gauche, au centre et à droite de l'écran), chacun encadré par une couleur différente (jaune, rose, bleue) correspondant aux trois touches de couleur du clavier externe. A l'aide du clavier, l'enfant devait choisir le mot correct associé à l'image (sans intervention de l'expérimentateur). Entre chaque stimulus un cache (###) était maintenu pendant 500 ms. Un entraînement sur 2 stimuli précédait la tâche.

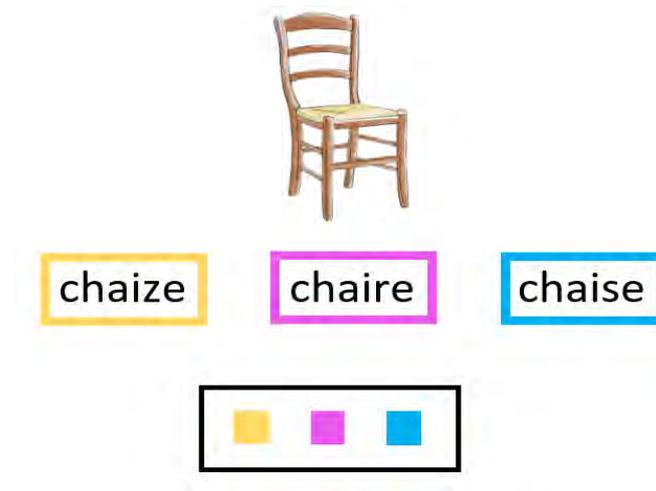


Figure 21 : Exemple de stimuli pour la tâche de décision orthographique (un distracteur PPL=chaize, un distracteur NPPL=chaire, cible=chaise)

Cotation

Pour l'épreuve d'identification de mots, 3 types de scores sont observés : les scores de réussite, les scores de vitesse de lecture et enfin les scores d'erreurs en lecture de mots isolés.

Scores de réussite : 52 stimuli sont présentés. Chaque réussite sur chaque item « mot cible » est cotée 1 (ou 0 en cas d'échec) soit un score total de réussite /52.

Scores de vitesse : Le temps de décision mesuré par le logiciel pour chaque mot est donné en ms. Le temps moyen (en ms) par mot est ensuite calculé.

Scores type d'erreurs : les erreurs commises sont classées selon si elles correspondent à un distracteur mot voisin orthographique de la cible mais Non Phonologiquement PLausible (NPPL) ou à un distracteur pseudomot homophone de la cible et Phonologiquement PLausible (PPL). Elles sont ensuite dénombrées. Le score total type d'erreurs (PPL) et (NPPL) correspond aux erreurs de type (PPL) max = 52 et aux erreurs de type (NPPL) max=52.

3.1.4. Recodage phonologique : lecture de pseudomots

L'épreuve principale de lecture de mots sur une modalité de jugement orthographique avait comme objectif d'estimer les stratégies lexicales de lecture en comparant le nombre d'erreurs non phonologiquement plausibles et phonologiquement plausibles. Toutefois, nous devons également nous assurer de l'efficacité de la voie phonologique de lecture pour confirmer que les erreurs

phonologiquement plausibles éventuellement réalisées étaient réellement liées à l'usage de cette voie. C'est dans ce but que nous avons proposé la lecture de pseudomots.

En effet, seul ce type de stimuli oblige le lecteur à passer nécessairement par le déchiffrage. Or, en cas de surdité, l'oralisation de pseudomots écrits nous paraissait impossible soit parce que certains enfants n'oralisaient pas, soient parce qu'ils pouvaient présenter d'importants troubles articulatoires. En revanche, une épreuve de décision homophonique permet, sans vocalisation obligatoire, de mesurer la sensibilité à l'homophonie afin de mettre à jour les processus de codage phonologique sous-jacents et ainsi confirmer/infirmer les résultats constatés sur les erreurs de lecture de mots. Un effet d'homophonie se traduit habituellement par des scores chutés et/ou des temps de décision rallongés sur les pseudomots homophones par rapport aux non homophones. De ce fait, en suivant les préconisations d'Alegria (Iscoa, 2006), nous avons choisi de créer une épreuve reposant sur une tâche de décision homophonique de pseudomots (pseudohomophones vs pseudomots), sans aide d'images (Beech & Harris, 1997; Costello et al., 2021).

Stimuli

A. Critères de choix des pseudomots

Deux types de pseudomots ont été sélectionnés. Des pseudomots homophones à des mots du français (ex : m zon) et des pseudomots non homophones à des mots du français (ex : cazin).

PseudoMots Homophones (PM_H):

Une nouvelle fois, nous nous sommes fondés sur le rapprochement du lexique entre les bases de données lexicales (Lété et al., 2004) et les mots présents dans les cahiers scolaires des enfants sourds signants pour choisir les mots issus de ce lexique commun.

Parmi ces mots, aucun ne devait être utilisé dans nos épreuves précédentes de conscience phonologique ou de lecture. Par ailleurs, nous devions vérifier que ces mots étaient familiers pour les participants. Nous avons donc privilégié les mots connus dès le CP-CE1, autant que possible, dont la fréquence écrite était élevée sur Manulex (fréquence écrite CP : moyenne=346, min=126,20 et max=1460,96). Enfin, ces mots devaient comporter des phonèmes trouvant plusieurs correspondants graphémiques (ex : le phonème /p/ ne peut être transcrit que par le graphème « p » alors que le phonème /f/ peut être transcrit par les graphèmes « f » ou « ph » par exemple) en modifiant le moins possible la structure syllabique du mot cible.

En suivant ces critères, nous avons sélectionné 10 mots. Nous avons modifié leurs graphèmes afin d'en faire des pseudomots strictement homophones aux mots préalablement sélectionnés (ex : sytron pour citron) à l'aide du calcul de Distance PARadigmatique (DPA) (Lecours & Lhermitte, 1969) donnant des valeurs de proximité phonémique précise entre les phonèmes modifiés. Les mots et pseudomots créés étant des homophones stricts, la DPA calculée était invariablement égale à 0. Nous avons également calculé la distance orthographique de Levenshtein (Yujian & Bo, 2007) afin que la proximité orthographique entre le mot réel et son homophone soit importante (distance moyenne = 3,1). Ceci permettait de nous assurer que le mot homophone réel n'était pas reconnaissable orthographiquement alors qu'il l'était phonologiquement.

Ces 10 pseudomots homophones à des mots du français ont été alors appariés à 10 pseudomots non homophones.

PseudoMots Non-Homophones (PM_NH) :

En partant des pseudomots homophones précédents, nous avons créé 10 pseudomots non homophones aux mots (prononçables en français oral) en modifiant les graphèmes des premiers, un à un. Nous nous sommes appuyés sur le calcul de DPA afin que la prononciation des phonèmes soit différente entre PM_H et PM_NH mais que les traits phonémiques partagés entre les phonèmes des stimuli des deux catégories soient assez proches (distance moyenne entre phonèmes des PMH et PMNH = 1.5/8). La distance orthographique entre pseudomots non-homophones et mot était, en revanche, éloignée. Cette précaution a été prise afin que les PM_NH ne soient pas semblables orthographiquement au mot originel à partir duquel nous avons créé les PM_H puis _NH (ex : MOT=chaussure ; PM_H=choçure, PM_NH=chaçole). Enfin, aucun des pseudomots ainsi créés n'était présent dans les dictionnaires traditionnels ou sur le site CNRTL.

Les pseudomots homophones (10) et non-homophones (10) ont également été strictement appariés en nombre de lettres, de syllabes et de phonèmes. Ces 20 pseudomots ont été intégrés au logiciel OpenSesame afin de les randomiser et de pouvoir mesurer les temps de réponses comme les erreurs commises.

Description et procédure de l'épreuve de lecture de pseudomots

Notre épreuve consistait en une tâche informatisée de décision homophonique sur des pseudomots. Son but était de déterminer l'efficacité de la voie phonologique proprement dite.

Les 20 stimuli (10 pseudohomophones vs 10 pseudomots) apparaissaient isolément et successivement sur l'écran d'ordinateur. L'enfant devait indiquer par oui ou par non, pour chaque stimulus, l'homophonie de celui-ci avec un mot réel en tapant sur les touches du clavier externe fourni. Si son choix se portait sur « oui » (= pseudomot homophone), il touchait alors la touche jaune du clavier externe. Si son choix se portait sur « non » (= pseudomot non-homophone), il touchait alors la touche bleue du clavier externe. Le temps de réponse n'était pas limité. L'épreuve était précédée de 4 pseudomots d'entraînement.

Cotation

L'expérimentateur comptabilise, via le logiciel, les scores de réussite (1 ou 0 en cas d'échec) bruts pour chaque stimulus ainsi que le temps de réponse (en ms) pour chaque stimulus.

Pour l'épreuve de « **décision homophonique de pseudo-mots homophones ou non-homophones (sans l'aide d'image)** », nos analyses statistiques se sont appuyées sur le nombre total de réussites pour chaque catégorie (pseudomots homophones /10, pseudomots non-homophones /10) et sur le score cumulé des deux catégories /20. Concernant le temps de réponse, ce sont les temps moyens de décision par item (en ms) pour les 20 stimuli ainsi que pour les catégories respectives homophones et non-homophones qui ont été utilisés.

Ces résultats permettaient de vérifier la capacité d'utilisation de la voie phonologique de lecture chez les participants mais également de les comparer selon leur profil linguistique et auditif.

Néanmoins, cette épreuve attendant une réponse binaire (oui/non), la probabilité de réponse liée au hasard était de 50% sur chaque pseudomot. Nous avons donc également pris soin d'analyser statistiquement les réponses données par nos participants en vérifiant la quantité de réponses liées au hasard.

3.2. Épreuves complémentaires

Nous avons proposé une série d'épreuves complémentaires afin de confirmer les tendances observées sur les épreuves principales et d'observer l'effet direct ou indirect d'autres variables sur la lecture de mots.

3.2.1. Mémoire de travail

La mémoire de travail verbale a été relevée comme pouvant interagir avec le langage et les apprentissages en cas de surdité. Cependant, pour mesurer cet Empan Envers de Mémoire Verbale de Travail (EEMVT), nous ne pouvions recourir à une épreuve vocale pour tous nos participants. Nous avons donc adapté une épreuve pour entendants de répétition envers de chiffres issue de l'Odedys 2 (Jacquier-Roux et al., 2005) à la langue de nos participants. En revanche, nous avons veillé à ne pas choisir une procédure mesurant le temps de traitement et à proposer une modalité séquentielle mais soutenue par des indices spatiaux pour les enfants signeurs.

Les consignes étaient données dans la langue choisie par l'enfant (LSF ou français oral avec/sans LPC) et présentées également à l'écrit afin de nous assurer de la bonne compréhension des consignes.

Ces tests nous informaient des liens possibles entre cette compétence et les performances d'EVA, CP ou identification de mots.

Stimuli

11 séries s'allongeant de 2 à 8 chiffres (1 à 9) constituent les stimuli à mémoriser (voir Annexe 9, section 2).

Description et procédure de l'épreuve d'EEMVT

L'expérimentateur énonce (à l'oral ou en LSF selon la langue de l'enfant) les suites de chiffres au rythme d'une seconde entre chaque chiffre (Pisoni & Geers, 2000). Il demande ensuite à l'enfant de répéter (dans la langue de son choix : français oral ou LSF) la séquence de chiffres dans l'ordre inverse, c'est-à-dire en commençant par la fin.

NB : Afin de nous adapter au traitement spatial favorisé par les enfants sourds pratiquant la LSF, nous avons signé (sans labialisation) les chiffres les uns après les autres sur une ligne virtuelle, de gauche à droite, en abaissant nos mains entre chaque chiffre comme le montre l'exemple suivant :



Cotation

Les réponses de l'enfant sont notées sur la feuille de cotation et les cases de chaque série sont cochées lorsque les réponses sont correctes. L'Empan envers correspond au nombre de chiffres de la série la plus longue, répétée sans erreur et en ordre inverse (e.g. série de 3 chiffres : « 1-5-3 » répétée correctement en ordre inverse et dernière des séries réussies = Empan de 3 chiffres).

En l'absence de normes pour enfants sourds et étant donnée la modification de la modalité linguistique pratiquée chez les signeurs, nous choisissons de conserver le score brut pour tous les participants.

3.2.2. Niveau de langue

Comme chez les enfants entendants, le niveau de maîtrise de langue orale ou signée chez les enfants sourds influence largement la lecture selon la littérature scientifique (Alqraini & Paul, 2020; Antia et al., 2020; Cates et al., 2022; Kyle, 2018; Morford et al., 2014; Perfetti & Sandak, 2000).

Etant donnée la longueur de notre protocole de test, proposer des épreuves fines, exhaustives et comparables entre cohortes mesurant la maîtrise langagière de nos participants ne nous semblait pas adapté. Afin de récolter une information globale sur le niveau de langue majoritaire des enfants testés, nous avons choisi de vérifier le niveau de vocabulaire et de syntaxe de nos participants en nous adressant aux professionnels qui côtoient et évaluent nos participants régulièrement. Ainsi, nous avons recueilli un degré estimé de maîtrise de la langue orale, signée et écrite par chaque enfant à travers des questionnaires distribués aux enseignants et/ou aux orthophonistes quand les familles l'acceptaient.

L'échelle de Likert fournie comportait 5 degrés de maîtrise estimée (+ 1 échelon précisant la non pratique d'une langue) ainsi qu'une équivalence en ET de ces degrés afin que les professionnels utilisant des tests normés puissent reporter ce type de données (voir Annexe 5, section 3). Ainsi :

Pour les enfants entendants : une évaluation sur une échelle de 1 (pas de retard) à 5 (difficultés importantes et durables) a été soumise aux enseignants selon le degré de maîtrise estimé du vocabulaire et de la syntaxe.

Pour les enfants sourds pratiquant le français vocal : une évaluation sur une échelle de 1 (pas de retard) à 5 (difficultés importantes et durables) a été soumise aux enseignants et/ou aux orthophonistes qui suivaient l'enfant selon le degré de maîtrise estimé du vocabulaire et de la syntaxe.

Pour les enfants sourds pratiquant la LSF : une évaluation sur une échelle de 1 (pas de retard) à 5 (difficultés importantes et durables) a été soumise aux enseignants et/ou orthophonistes qui suivaient l'enfant selon le degré de maîtrise estimé du vocabulaire et de la syntaxe.

Chaque échelle comportait un 6^{ème} échelon permettant aux professionnels d'indiquer si l'enfant n'utilisait pas telle ou telle langue.

Pour tous, le niveau de langage oral, écrit ou LSF a également été estimé par les familles selon le même degré d'échelle. Néanmoins, nous n'avons pas traité statistiquement ces données car beaucoup manquaient et pouvaient être considérées comme moins précises, plus subjectives que celles fournies par des professionnels.

Cotation

Pour chaque participant, nous avons obtenu un score estimant respectivement la maîtrise de l'écrit (/5), de l'oral (/5) ou de la LSF (/5) sur les versants lexical et syntaxique. Nous avons conservé les scores soit de la langue orale (/5), soit de la LSF (/5) selon la langue majoritaire de l'enfant. Celle-ci a été déterminée à partir des questionnaires aux professionnels et des choix de langue des enfants lors des passations.

Nous avons calculé la moyenne des scores obtenus en vocabulaire et syntaxe dans cette langue majoritaire uniquement (/5) pour obtenir un score moyen « Niveau de Langue » (Niv_Lang).

3.2.3. *Lecture labiale*

Deux raisons nous ont incités à proposer une épreuve de Lecture Labiale (LL). D'abord, la compétence de lecture labiale est, dans de nombreuses recherches, indiquée comme clairement reliée à la lecture en cas de surdité (Harris & Moreno, 2004, 2006; Kyle & Harris, 2010). D'autre part, le contrôle du niveau de lecture labiale permettait de confirmer nos résultats sur l'influence de la lecture labiale sur notre épreuve de conscience phonologique. C'est pourquoi, nous avons adopté une épreuve issue du TERMO (Descourtieux, 2006), test spécifique aux enfants sourds oralisants. Ce test mesure plusieurs composantes de la compréhension du message oral labial chez les enfants sourds (phonèmes, syllabes, mots, phrases, texte) et l'effet de la LfPC. Le subtest utilisé dans cette recherche évaluait uniquement la compréhension de mots isolés en lecture labiale seule (sans audition possible), sans usage de la LfPC.

Stimuli

Ce subtest est composé de 50 mots (5 séries de 10 mots de 1 à 3 syllabes) issus des listes de mots de Saussus & Boorsma (2) et normalement acquis dans le vocabulaire des enfants à 8 ans (voir Annexe 9).

Description et procédure de l'épreuve de Lecture Labiale

L'enfant redonne (dans sa propre langue orale ou signée) le mot énoncé sans vocalisation par l'expérimentateur. Pour assurer des conditions équivalentes de passation pour tous les participants, les enfants entendants portaient, pour cette tâche, un casque antibruit pour éviter la perception des possibles subvocalisations de l'expérimentateur.

L'expérimentateur énonce chaque mot sans exagérer son articulation et sans vocalisation, face à l'enfant. Le mot peut être articulé deux fois par l'expérimentateur si l'enfant le demande, sans aide de la LfPC. L'enfant doit alors répéter chaque mot oralement ou le traduire en LSF. Aucun feedback n'est apporté sur la réponse donnée par l'enfant mais il est encouragé à continuer tout au long de l'épreuve.

Cotation

Le score sur chaque série (/10) est obtenu par la somme des réussites (1 ou 0 en cas d'échec). Le score total brut correspond à l'addition des scores des 5 séries (/50).

NB : Pour les enfants sourds choisissant la modalité orale, des troubles articulatoires pouvaient être présents et gêner l'analyse des résultats en Lecture Labiale. Dans ce cas, l'expérimentateur procédait à une vérification de l'articulation avant de pratiquer l'épreuve de lecture labiale, en suivant cette consigne : « Je vais commencer par te montrer des syllabes écrites que je vais aussi prononcer à voix haute. Tu devras les répéter ».

Le score brut de réussite total /50 est conservé à des fins d'analyse statistique pour comparer nos cohortes sourde et entendants mais également pour observer les résultats entre enfants sourds selon leur(s) langue(s).

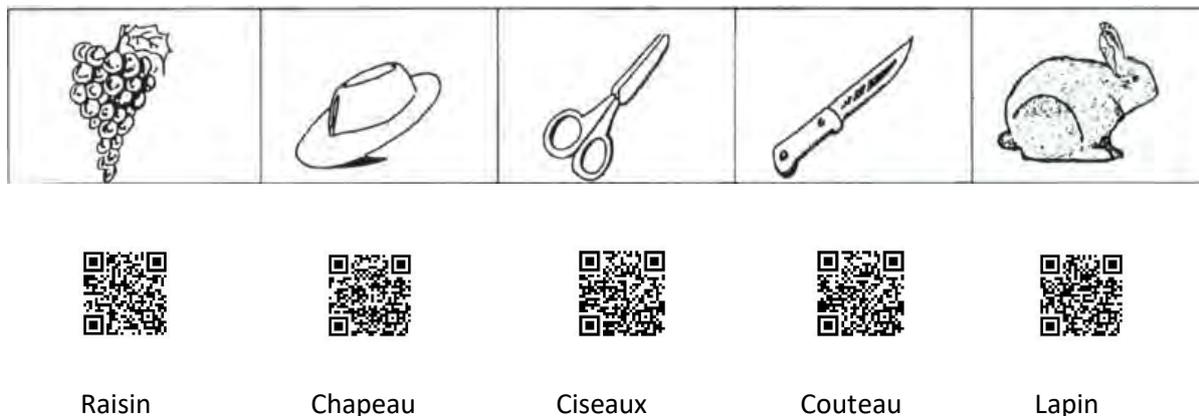
3.2.4. RAN

Alors qu'elle est établie pour les apprentis lecteurs entendants, la prédictivité de l'accès automatique et rapide au lexique d'une langue sur la lecture de mots est discutée selon les profils des enfants sourds (Couvee et al., 2023; Dyer et al., 2003; Sun et al., 2022). Aucune épreuve de dénomination rapide

(Rapid Automated Naming, RAN) normée n'existe, à notre connaissance, pour l'enfant sourd signant ou oralisant. Nous avons donc adapté l'épreuve de RAN de l'Odedys 2 (Jacquier-Roux et al., 2005) selon la langue de nos participants. Si cette adaptation rendait complexe l'exploitation des données obtenues, elle nous semblait toutefois avoir un pouvoir informatif intéressant entre enfants sourds et entendants et entre enfants signants et non signants. Elle nous servait également à mesurer le poids de cette variable sur la lecture de mots.

Stimuli

25 images de 5 dessins en noir et blanc différents (raisin, chapeau, ciseau, couteau, lapin) correspondant à des mots connus par les enfants sourds et entendants de 8 ans sont disposés de manière aléatoire sur une feuille (voir Annexe 9). Les mots sont composés de deux syllabes pour les locuteurs de la langue vocale et de 2 mouvements courts enchaînés pour les gestes LSF (gestes disponibles en vidéos via les QR codes ou liens html²³).



Description et procédure de l'épreuve de RAN

L'enfant doit dénommer le plus rapidement possible, sans erreur, l'ensemble des images de l'épreuve ligne par ligne, en temps chronométré.

L'expérimentateur vérifie que la dénomination des 5 images du test est préalablement réussie. L'enfant doit nommer (dans sa langue) l'image de chaque case en suivant les lignes horizontalement

²³ Les signes sont également accessibles via ces liens : <https://www.sematos.eu/lst-p-raisin-7456.html> ; <https://www.sematos.eu/lst-p-chapeau-6825-fr.html>; <https://www.sematos.eu/lst-p-ciseaux-6864-fr.html> ; <https://www.sematos.eu/lst-p-couteau-6936-fr.html>; <https://www.sematos.eu/lst-p-lapin-5403-fr.html>

dans le sens de la lecture pendant que l'expérimentateur chronomètre le temps total mis par l'enfant. Le chronomètre est déclenché au premier son ou geste que l'enfant produit. Il est arrêté à la fin de la dénomination de la dernière image. Si l'enfant s'arrête sur une case, l'expérimentateur attend 5 secondes et lui demande de passer à la suivante.

Cotation

Le temps en secondes et le nombre d'erreurs commises sont notées (bien que le score d'erreurs n'apparaisse pas dans l'étalonnage, si plus d'une erreur est commise alors le test est invalidé). Les normes en ET prévues dans le test originel étaient inadaptées pour comparer nos groupes qui différaient sur la modalité linguistique pour ce test. Nous avons choisi de ne conserver que les temps bruts de dénomination (en s).

3.2.5. Lecture de phrases (L2MA, lecture flash)

Afin de comparer l'effet de nos variables CP et EVA sur la lecture de mots avec leur impact sur les processus de lecture de phrases chez nos participants, nous avons proposé une seconde épreuve de lecture, normée chez les entendants. Cette épreuve de lecture de phrases est nommée « lecture Flash ». Elle est issue de la batterie L2MA (Chevrier-Muller et al., 1997). Cette épreuve rapide permet d'évaluer les processus globaux de lecture en qualité et vitesse grâce à la modalité de choix de fin de phrases en temps chronométré.

Stimuli

10 phrases dont le dernier mot est manquant doivent être lues silencieusement par l'enfant et complétées par un mot choisi parmi 5 : le mot cible (seul sémantiquement adapté à la phrase) et 4 distracteurs (mots sémantiquement inadaptés à la phrase). L'épreuve est chronométrée (voir Annexe 9).

Description et procédure de l'épreuve de Lecture de phrases

Une phrase incomplète entraînant et 10 phrases incomplètes épreuve sont présentées sur une même feuille à l'enfant. Sous chaque phrase incomplète, 5 mots sont proposés et sont séparés par un tiret. L'enfant doit choisir le mot manquant dans chaque phrase en le soulignant, en lecture silencieuse et le plus vite possible.

Cotation

L'expérimentateur reporte les scores de réussite (1 ou 0 pour un échec) par mot correct et le temps total de lecture de l'épreuve. Le score total de réussites est noté LF1 (/10) et le temps total de réalisation de l'épreuve en s est noté LF2 (temps total en s). L'expérimentateur calcule ensuite la note brute pondérée LF3 ($= LF2 + [(10 - LF1) \times 8]$). Chacun de ces scores est également transcrit en ET selon la classe.

3.2.6. *Compétences orthographiques*

Dans le but de vérifier les compétences orthographiques de nos participants et de les mettre en lien avec leurs résultats en conscience phonologique, nous avons proposé à nos participants de transcrire 10 mots à l'écrit. Cette épreuve intervenait nécessairement en fin de protocole car utilisait les mêmes images que celles de conscience phonologique. L'objectif de cette épreuve était de vérifier que les enfants possédaient les représentations orthographiques de mots écrits nécessaires pour fonder leurs choix éventuels en conscience phonologique (CPo).

Stimuli

11 images (10 de l'épreuve et 1 d'entraînement) déjà utilisées dans nos épreuves de conscience phonologique (CPI. n ou o) ont été présentées aux participants afin qu'ils transcrivent des mots écrits.

Ces mots ont été choisis parce qu'ils faisaient partie du lexique commun de nos cohortes et qu'ils étaient de haute fréquence écrite (fréquence moyenne au CP = 337.83) d'après la base de données Manulex (fréquence entre 113.24 et 514.05).

Tous nos stimuli (1 à 2 syllabes, 5 à 7 lettres) comportaient des graphèmes inconsistants (que les unités graphémiques concernées soient rares ou fréquentes (Catach et al., 1980)) et/ou des lettres muettes.

Description et procédure de l'épreuve d'orthographe

L'enfant doit transcrire 10 mots dictés (oral et/ou LSF). Le testeur montre une image entraînement (« chat ») sur l'écran d'ordinateur et la nomme en signes et/ou à l'oral. L'enfant écrit le mot correspondant à l'image sur le carnet de passation. L'expérimentateur n'apporte aucun feedback

correctif mais encourage l'enfant à continuer s'il semble hésiter. Il poursuit la passation avec les 10 images (voir Annexe 9).

Cotation

Selon les réussites et échecs (1 ou 0 respectivement) sur chacun des stimuli, le score global brut (/10) est calculé pour être comparé entre nos cohortes.

3.2.7. Épreuve métaphonologique de haut niveau (fusion phonémique)

L'évolution de la conscience phonologique dans le temps ne suit pas la même progression chez les enfants sourds et entendants (Colin et al., 2003; Paire-Ficout et al., 2003) ni même entre enfants sourds. Notre choix pour l'épreuve de CP s'est donc orienté vers une compétence épiphonologique précoce (la rime) afin qu'elle soit accessible à tous nos participants. Néanmoins, bien qu'adaptée à notre cohorte sourde, le risque était une saturation du test pour notre cohorte entendante (enfants entendants âgés de 8 ans minimum et déjà lecteurs). Pour nous assurer des compétences métaphonologiques (plus complexes car portant sur le phonème et non la rime) de notre groupe contrôle entendant, une épreuve secondaire spécifique à cette population nous semblait nécessaire. C'est pourquoi, nous avons proposé l'épreuve de fusion phonémique issue de l'Odedys 2 (Jacquier-Roux et al., 2005) uniquement aux enfants entendants.

Stimuli

10 groupes nominaux de 2 mots (adjectif + nom ou inversement, sans déterminant) constituent les stimuli donnés à l'enfant. Dans chaque groupe nominal, le premier mot (1 ou 2 syllabes) comporte systématiquement un phonème initial consonantique et le second (2 ou 3 syllabes) un phonème initial vocalique. Les phonèmes initiaux vocaliques ou consonantiques des mots choisis par les auteurs sont transcrits à l'écrit en graphèmes simples ou bigrammes (voir Annexe 9).

Description et procédure de l'épreuve des compétences métaphonologiques

L'objectif est que l'enfant isole le premier phonème de deux mots donnés oralement puis les fusionne pour former une nouvelle syllabe.

L'expérimentateur énonce le groupe nominal de 2 mots et demande à l'enfant de prononcer la syllabe (CV) résultant de la fusion du premier phonème de chaque mot du groupe nominal énoncé. L'enfant n'a accès qu'à l'input sonore mais pas à l'input écrit pour réaliser cette tâche.

Cotation

Pour notre étude, nous avons conservé le score brut de réussite (/10) pour estimer les performances des enfants entendants en conscience métaphonologique. Cela nous permettait ensuite d'établir le niveau de conscience phonologique des enfants entendants mais aussi les liens éventuels entre lecture et conscience métaphonologique chez des enfants entendants tout-venant.

Chapitre II : Analyses statistiques et résultats

Afin de répondre à nos hypothèses, nous avons suivi 3 étapes : **I.** La comparaison de nos groupes E, S.Si et S.Or, **II.** une analyse en clusters avec comparaison de nos clusters de lecteurs de mots sur les tâches de CP et d'EVA et, enfin, **III.** la création de modèles pour évaluer l'influence de nos variables indépendantes *CP et EVA* sur notre variable dépendante *lecture de mots*. Nos analyses ont été effectuées avec le logiciel JAMOVI (*The jamovi project*, 2024) et le logiciel R (R Core Team, 2023). Les figures ont été réalisées sous R à l'aide des packages *dplyr* (Wickham, François, et al., 2023), *readxl* (Wickham & Bryan, 2023), *writexl* (Ooms, 2023), *factoextra* (Kassambara & Mundt, 2020), *ggpubr* (Kassambara, 2023), *ggplot2* (Wickham, 2016) et *Tidyr* (Wickham, Vaughan, et al., 2023).

ANALYSES I : Comparaisons des performances selon les groupes

En amont de nos comparaisons de groupes, nous avons vérifié pour chaque groupe (E, S.Or et S.Si) indépendamment (test t de Student pour les données suivant la loi normale ou test Wilcoxon (W) lorsque les données ne suivaient pas la loi normale) les réponses données ou non au hasard sur les tests de décision (épreuves de CP, de Lecture de mots et de décision homophonique sur pseudomots).

Les tailles d'effet « *d* de Cohen » pour le test t de Student sont considérées comme faibles autour de .2, moyennes autour de .5 et fortes si supérieures à .8. Pour le test non paramétrique de Wilcoxon, les tailles d'effets sont données par « la corrélation bisérielle de rang (rB) » et considérées comme faibles à .1, moyennes à .3 et fortes à .5.

Afin de réaliser une comparaison des moyennes obtenues par nos 3 groupes E, S.Si, S.Or, nous avons réalisé une analyse de la variance (ANOVA) lorsque les données suivaient la loi normale. Dans le cas contraire, nous avons appliqué une analyse de variance non paramétrique (Test Kruskal-Wallis)²⁴. Lorsque nous voulions comparer l'effet de deux facteurs ou plus sur une variable dépendante, nous avons également recouru à la création de modèles linéaires mixtes.

²⁴ Dans le cadre de nos analyses comparatives non paramétriques avec le test de Kruskal-Wallis, la statistique χ^2 est rapportée en plus de la statistique W dans JAMOVI. En effet, le test de Kruskal-Wallis utilise une approximation par le χ^2 (notée H dans nos résultats) pour évaluer les différences de rangs entre plusieurs groupes, fournissant une indication de la significativité globale des écarts observés. La statistique W de Wilcoxon est quant à elle utilisée pour comparer les rangs entre groupes de manière spécifique. Ces deux valeurs sont donc complémentaires et aident à interpréter les différences de distributions de façon non paramétrique.

Pour préciser les différences entre nos groupes, nous avons appliqué des tests Post-Hoc (Dwass, Steel, Critchlow et Fligner (DSCF) pour les tests non paramétriques) avec correction de Bonferroni ou Tukey (*Honestly Significant Difference*).

ANALYSES II : Comparaisons des performances selon le niveau de lecture

A partir de nos variables de performances et vitesse d'identification de mots, nous avons réalisé des clusters à l'aide de la méthode K-means sous R (R Core Team, 2023). Celle-ci sera explicitée dans le volet d'analyses II. Nous avons ensuite comparé nos clusters et les groupes à l'intérieur des clusters en utilisant l'analyse ANOVA ou son équivalent non paramétrique. Les tests post-Hoc entre clusters ou entre les groupes à l'intérieur de chaque cluster ont été réalisés suivant les procédures décrites dans les Analyses I.

ANALYSES III : Poids des variables CP et EVA

Nous avons réalisé des corrélations entre nos données. Nous avons préféré utiliser le coefficient Rho de Spearman (noté Rho) plutôt que le coefficient de Pearson pour analyser les liens entre nos données car 1/ beaucoup de nos données ne suivaient pas la loi normale ; 2/ beaucoup de nos données montraient une forte variabilité, or ce coefficient est peu sensible aux valeurs aberrantes et aux valeurs extrêmes et 3/ ce coefficient pouvait capturer des relations significatives entre les variables continues lorsque celles-ci montraient une tendance générale croissante ou décroissante (Bishara & Hittner, 2012; Myers & Sirois, 2014; Schober et al., 2018).

Nous avons également réalisé des modèles linéaires généraux, des modèles linéaires hiérarchiques et des modèles en pistes causales afin d'observer le poids de nos variables CP/EVA sur la lecture pour tous nos participants et selon leur groupe. Tous ces modèles seront décrits et leur fiabilité analysée à travers leurs valeurs d'indices significatives.

Pour toutes ces analyses, nous indiquons la significativité des résultats à travers les valeurs statistiques brutes de p (significatif pour $p < .05$).

ANALYSES I : Comparaison des performances selon les groupes

1. Compétences phonologiques et d'empan visuo-attentionnel

Rappel des hypothèses :

H1 : les S.Si accèderont moins aux processus phonologiques (conscience phonologique et voie phonologique de lecture) que les S.Or et les E.

H1.1 : les S.Si feront plus d'erreurs en détection de rimes que les S.Or qui eux-mêmes en feront plus que les E, toutes conditions confondues (phonologique seule, phono-labiale ou phono-orthographique).

H1.2 : Dans la condition phono-labiale de détection de rimes, Les S.Or auront davantage de bonnes réponses que dans les autres conditions.

H1.3 : Dans la condition phono-orthographique de détection de rimes, les S.Si auront davantage de bonnes réponses que dans les autres conditions.

H1.4 : Les S.Si utiliseront moins la lecture par voie phonologique en tâche de décision orthographique et seront moins sensibles à l'homophonie des pseudomots que les S.Or et les E.

1.1. Conscience phonologique

Rappel de l'épreuve de Conscience Phonologique : 3 images sont présentées dont 2 rimantes et 1 intruse que l'enfant doit désigner (45 stimuli dont 15 par condition phonologique-neutre, phono-labiale et phono-orthographique).

1.1.1. Présentation des résultats en conscience phonologique

Les tableaux suivants décrivent les résultats bruts totaux obtenus par chaque groupe respectivement sur la détection de rimes²⁵ (Tab.7) et sur chaque condition du test de rimes (Tab.9).

Vérification de la part de hasard dans les réponses données par chaque groupe (E, S.Or, S.Si) :

En conscience phonologique, les participants de chaque groupe avaient une chance sur trois ($\mu \neq 15$) de donner la bonne réponse. Les réponses des enfants de chaque groupe E ($t(41)=30.4$; $p<.001$; $rB=1$), S.Or ($t(27)=13.4$; $p<.001$; $rB=1$) et S.Si ($t(22)=7.48$; $p<.001$; $d=1.56$) sont significativement différentes du hasard.

Si nous observons ces résultats par condition ($\mu \neq 5$: CP avec aide labiale (CPI), avec aide orthographique (CPo) ou neutre c'est-à-dire sans aide spécifique (CPn)) :

Les enfants E ($p<.001$ et $rB=1$ pour CPI, CPo, CPn) et S.Or ($p_{(CPI)}<.001$ et $rB_{(CPI)}=.995$ / $p_{(CPo)}<.001$ et $rB_{(CPo)}=1$ / $p_{(CPn)}<.001$ et $rB_{(CPn)}=.729$) ont des réponses significativement différentes du seuil du hasard, quelle que soit la condition. Les enfants S.Si ne semblent pas avoir répondu au hasard sur les conditions labiale et neutre ($p_{(CPI)}<.001$ et $d_{(CPI)}=1.535$; $p_{(CPn)}<.001$ et $d_{(CPn)}=.972$) mais ont probablement répondu au hasard sur la condition orthographique ($p_{(CPo)}=.241$ et $d_{(CPo)}=.251$). En conséquence, nous ne pourrons pas traiter les résultats des enfants S.Si sur la condition CPo.

Comparaison des groupes (E, S.Or, S.Si) en Conscience Phonologique :

Statistiques descriptives						
	statut	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
cp_tot	E	42	0	40.2	42.0	5.37
	S.Or	28	0	35.6	37.0	8.13
	S.Si	23	0	20.2	20	3.34
cp_t_tot	E	42	0	6289.5	5711.8	1873.40
	S.Or	27	1	9863.3	9752.2	3104.89
	S.Si	23	0	11481.1	11454.7	2125.51

Tableau 7: Scores ($cp_tot/45$) et temps de décision (cp_t_tot en ms) des enfants Entendants (E), Sourds Oralisants (S.Or) et Sourds Signants (S.Si) en tâche de détection de rimes (totalité du test)

²⁵ CP : Conscience Phonologique de la rime ; CP_t : temps de réponse en Conscience Phonologique de la rime ; CPI : Conscience Phonologique de la rime avec aide labiale ; CPo : Conscience Phonologique de la rime avec aide orthographique ; CPn : Conscience Phonologique neutre de la rime, uniquement accès sonore.

Résultats intergroupes en Conscience phonologique totale (Fig.22)

Les scores et les temps de réponse pour la tâche de détection de rimes des trois groupes sont significativement différents (scores : $H(2)=51.1$; $p<001$, $\epsilon^2=.555$ / temps : $H(2)=46.2$; $p<001$, $\epsilon^2=.508$).

Plus précisément, les E et S.Or obtiennent des scores significativement supérieurs à ceux des S.Si ($W_{(E-S.Si)}=-9.34$; $p_{(E-S.Si)}<.001$ / $W_{(S.Or-S.Si)} = -7.83$; $p_{(S.Or-S.Si)}<.001$). Les scores des E et S.Or ne se différencient pas significativement ($W_{(E-S.Or)}=-3.30$; $p_{(E-S.Or)}=.052$).

Les E sont plus rapides pour répondre que leurs pairs sourds ($W_{(E-S.Or)}=6.73$; $p_{(E-S.Or)}<.001$ / $W_{(E-S.Si)}=8.71$; $p_{(E-S.Si)}<.001$) qui ne se différencient pas entre eux ($W_{(S.Or-S.Si)}=2.90$; $p_{(S.Or-S.Si)}=.100$).

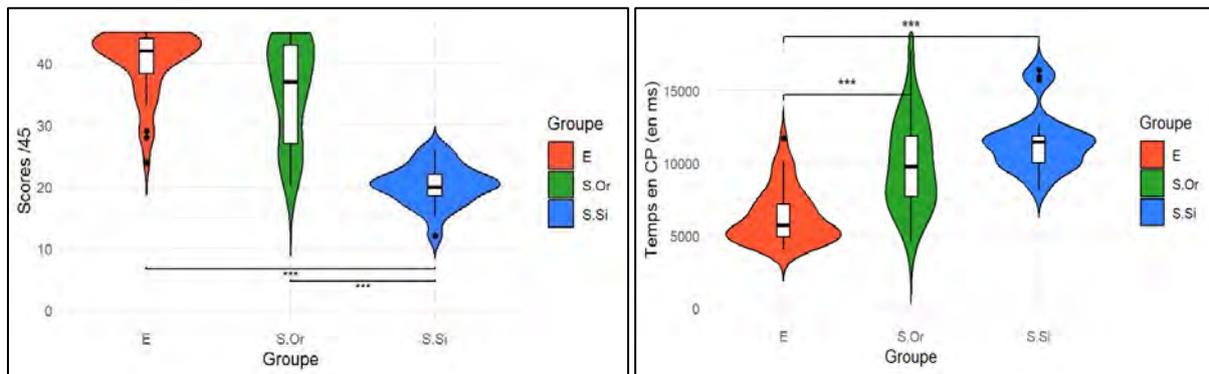


Figure 22 : Scores (/45) de CP (à gauche) et Temps de réponses en CP (en ms) (à droite) par groupe

Un modèle linéaire mixte nous permet ensuite de comparer les scores de conscience phonologique par conditions CPI, CPo et CPn entre chaque groupe et dans chaque groupe.

Les résultats dans chacune des **conditions CPI, CPo et CPn** du test de Conscience phonologique sont similaires aux résultats globaux de l'épreuve. Les scores des E et S.Or sont significativement supérieurs à ceux obtenus par les enfants S.Si sur chacune des conditions CPI, CPn. En revanche, les scores ne se différencient pas significativement entre E et S.Or (Tab.9).

Cpl	Cpn	Cpo
$CPI_{(E-S.Si)} : t=9.967$; $p<.001$	$CPn_{(E-S.Si)} : t=10.523$; $p<.001$	$CPo_{(E-S.Si)} : \text{Hasard}$
$CPI_{(S.Or-S.Si)} : t=6.56$; $p<.001$	$CPn_{(S.Or-S.Si)} : t=7.238$; $p<.001$	$CPo_{(S.Or-S.Si)} : \text{Hasard}$
$CPI_{(E-S.Or)} : t=3.031$; $p=.103$	$CPn_{(E-S.Or)} : t=2.840$; $p=.185$	$CPo_{(E-S.Or)} : t=2.225$; $p=.991$

Tableau 8 : Valeurs obtenues au test de comparaison par condition de CP pour les E-S.Si, S.Or-S.Si et E-S.Or

Statistiques descriptives

	catégorie_CP	statut	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
scores_CP	CPl	E	42	0	13.95	14.0	1.38
		S.Or	28	0	12.25	13.5	2.99
		S.Si	23	0	8.00	9	1.95
	CPn	E	42	0	13.02	14.0	2.39
		S.Or	28	0	11.43	12.5	3.27
		S.Si	23	0	6.74	7	1.79
	Cpo	E	42	0	13.21	14.0	2.14
		S.Or	28	0	11.96	12.0	2.49
		S.Si	23	0	5.48	5	1.90
temps_CP	CPl	E	42	0	6146.87	5811.1	1819.76
		S.Or	27	1	10074.87	9160.5	3509.59
		S.Si	23	0	11622.65	11896.7	2195.14
	CPn	E	42	0	6350.20	5628.5	2135.94
		S.Or	27	1	9588.86	9427.5	3009.30
		S.Si	23	0	10823.53	10266.9	2416.75
	Cpo	E	42	0	6372.36	5866.7	1985.98
		S.Or	27	1	9929.05	9743.3	3213.83
		S.Si	23	0	11991.67	12009.3	2571.09

Tableau 9 : Scores (scores_CP) et temps de décision (temps_CP en ms)²⁶ des enfants Entendants (E), Sourds Oralisans (S.Or) et Sourds Signants (S.Si) selon les conditions d'aide labiale (CPl/15), d'aide orthographique (Cpo/15) et sans aide (CPn/15) en tâche de détection de rimes

Résultats intragroupes par condition

En scores de réussite selon les conditions CPl, Cpo et CPn du test de Conscience phonologique (voir Fig.23), aucune différence significative entre la condition CPn et les autres conditions n'est constatée et ce quel que soit le groupe. Ainsi, les enfants E obtiennent des scores qui ne se différencient pas significativement quelle que soit la condition ($CPl_{(E)}-CPn_{(E)} : t=3.008 ; p=.108 ; Cpo_{(E)}-CPn_{(E)} : t=-.617 ; p=1$). Les enfants S.Or obtiennent des scores qui ne se différencient pas quelle que soit la condition ($CPl_{(S.Or)}-CPn_{(S.Or)} : t=2.173 ; p=1.00 ; Cpo_{(S.Or)}-CPn_{(S.Or)} : t=-1.417 ; p=1.00$). Les enfants S.Si obtiennent des scores ne se différenciant pas significativement pour la condition labiale et neutre ($CPn_{(S.Si)}-CPl_{(S.Si)} : t=3.022 ; p=.103$) (résultats Cpo non traités car réponses au hasard).

²⁶ Les données de temps de réponse manquent pour un participant S.Or suite à un problème d'enregistrement du logiciel.

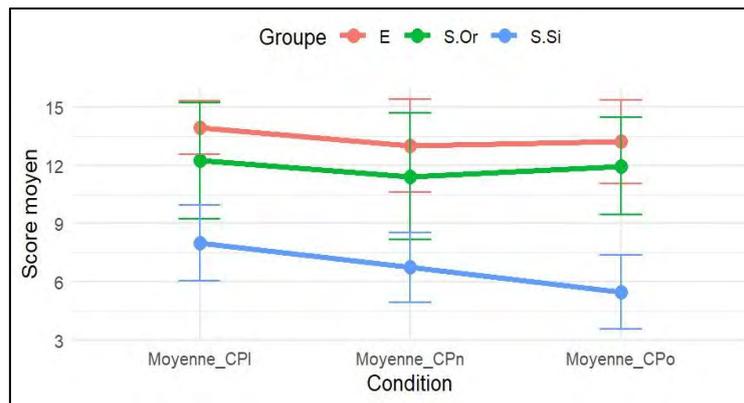


Figure 23 : Scores (/15) obtenus en détection de rimes par les 3 groupes Entendants (E), Sourds Oralisans (S.Or) et Sourds Signants (S.Si) selon les conditions neutre (CPn), d'aide labiale (CPI) ou d'aide orthographique (CPo)

1.1.2. Discussion intermédiaire sur les résultats en CP

Hypothèse H1.1 : erreurs en CP selon le groupe (toutes conditions confondues)

Résultats : comme nous le prévoyions, les enfants S.Si commettent plus d'erreurs en conscience phonologique que leurs pairs S.Or et E. Néanmoins, contrairement à ce que nous prévoyions, les différences de performances entre S.Or et E ne sont pas significatives. Seuls les temps de réponses sont significativement plus rapides pour les enfants entendants que pour les sourds oralisans.

Les résultats élevés ou très bas des groupes interrogent l'existence d'effet plafond ou plancher :

Les faibles scores de réussite des enfants S.Si témoignent de leurs plus faibles capacités à accéder à la phonologie de la langue vocale (McQuarrie & Parrila, 2009; Sterne & Goswami, 2000) par rapport aux deux autres groupes. On peut supposer qu'il n'existe pas d'effet plancher (coefficient d'asymétrie proche de 0 = -0.375). **Chez les E**, les scores très élevés entraînent une réussite systématique quelle que soit la condition. Les résultats suggèrent un effet plafond (asymétrie négative élevée = -1.432). Cet effet plafond n'est pas retrouvé **chez les S.Or** (coefficient d'asymétrie = -0.5). Leurs scores de réussite sont néanmoins élevés et comparables à ceux des E mais emprunts d'une forte variabilité.

Les résultats des S.Or et E ne se différencient pas en précision mais seulement en temps de décision :

Les temps de réponse des S.Or sont significativement plus lents que ceux des E. Ce pattern de temps de réponses est cohérent avec les observations de Klein et al. (2023) qui notent des délais de réponses allongés pour la décision lexicale de mots à l'oral avec de fortes hésitations entre mots rimants ou ceux d'Herran et al. (2023) spécifiant des temps de traitement auditif significativement plus longs chez les enfants sourds pour accéder à la mémoire tampon. Les scores obtenus par ce groupe sont, toutefois, élevés et ne se différencient pas significativement de ceux des entendants. Contrairement aux études

qui indiquent un retard dans les acquisitions phonologiques des enfants oralisants (Easterbrooks et al., 2008; Johnson & Goswami, 2010; Webb et al., 2015), les résultats obtenus correspondent mieux à ceux de Spencer & Tomblin (2009) qui retrouvaient des scores équivalents en tâche de rimes chez des utilisateurs d'implants depuis au moins 4 ans. Les raisons de leur réussite en précision peuvent être liées au type de stimuli utilisés puisque Bouton, Colé, et al. (2012) proposaient que, chez les enfants implantés cochléaires (soit 89.3% des S.Or de notre cohorte), l'appui sur des stimuli lexicaux (mots) facilite le traitement phonologique par rapport à l'usage de stimuli non lexicaux (pseudomots). Il est donc possible que les scores soient élevés grâce à l'appui sur les stimuli proposés, d'ordre lexical. En outre, les enfants S.Or testés sont scolarisés du CE2 au CM2, pour la plupart suivis en orthophonie, et leur âge avancé comme leur entraînement à ce type de tâche peuvent expliquer, ensemble, les hauts scores obtenus.

Il est donc intéressant de noter que chez des enfants S.Or, les scores de détection de rimes peuvent être élevés mais que leurs temps de décision révèlent une analyse phonologique encore ralentie, malgré l'âge, le niveau de récupération auditive, l'entraînement phonologique lié à la rééducation et la durée de port d'appareillage (85% participants implantés avant 3 ans mais tous appareillés auparavant, sauf un participant appareillé à 5 ans et non implanté). Cette épreuve reste donc intéressante pour notre population d'enfants S.Or mais via l'observation des temps et pas uniquement des scores. Un test de conscience phonémique avec manipulations complexes (e.g. substitution, fusion phonémique) serait à réaliser conjointement pour mieux mettre en lumière les stratégies phonologiques plus fines, employées par les enfants S.Or.

Hypothèse H1.2 : Appui phono-labial en CP chez les S.Or

Résultats : Pour les S.Or, nous attendions des scores en condition phono-labiale significativement supérieurs aux autres conditions. Les résultats ne semblent pas aller dans ce sens. En effet, une réussite très élevée de l'épreuve (comparable à celle des entendants) et presque égale sur toutes les conditions ne permet pas de différencier statistiquement les conditions de réussite (CPn, CPI, CPO) pour les S.Or.

Les résultats des S.Or ne se différencient pas selon la condition de CP considérée :

Les hautes performances obtenues par les S.Or, quelle que soit la condition, pourraient suggérer que leurs décisions prises en tâche de conscience de rimes s'appuient principalement sur leur récupération auditive (Bouton, 2010). En effet, chaque condition met en jeu la phonologie et des conditions d'aide visuo-labiale ou orthographique. L'accès à l'audition serait, bien qu'imparfait, suffisant pour permettre

la réussite sans aide particulière, ni labiale, ni orthographique. Notons que la majorité des S.Or portait au moins un implant cochléaire, dispositif à ce jour le plus performant dans la gamme des appareillages (Zeng et al., 2008).

Au contraire, une seconde interprétation pourrait être que les scores équivalents en CPn, CPI et CPo traduisent un haut niveau de récupération auditive, un haut niveau de lecture labiale et un haut niveau d'orthographe. « L'entraînement » phonologique et phono-labial/phono-orthographique précoce (induit par la rééducation orthophonique et l'usage de la LfPC pour certains) expliquerait les résultats des S.Or. Dans ce cas, ils se saisiraient avec la même « force » de chacune des aides. De fines stratégies en lecture labiale et en orthographe ont déjà été soulignées dans la littérature scientifique chez les enfants oralisants (Colin & Croiseaux, 2020; Leybaert & Colin, 2007; LaSasso et al., 2003; Sterne & Goswami, 2000). Des investigations complémentaires concernant les liens entre les conditions de CP et les performances aux tests complémentaires de lecture labiale d'une part, et de transcription orthographique d'autre part mais aussi avec l'âge d'appareillage et le niveau de récupération auditive permettraient d'éclairer les raisons de la réussite élevée de ce groupe en CP.

Hypothèse H1.3 : Appui phono-orthographique en CP chez les S.Si

Résultats : Chez les S.Si, nous attendions davantage de bonnes réponses sur la condition orthographique par rapport aux autres conditions. Nos épreuves ne permettent pas de répondre à cette hypothèse.

Les résultats des S.Si sont liés au hasard sur la condition CPo :

Les enfants S.Si de notre étude ont répondu avec une forte probabilité de hasard dans la condition CPo (Daigle, 2004; McQuarrie & Parrila, 2014). Ceci peut s'expliquer soit par des différences entre les stimuli CPo et les autres conditions, soit par une inadaptation du test ou encore par leur très faible niveau orthographique.

Les stimuli ont été vérifiés statistiquement (Annexe 8, section 1.2). La condition CPo ne se différencie pas des autres conditions. Concernant la qualité du test et le niveau d'orthographe, la suite de nos travaux de thèse étudieront ces questions. L'analyse spécifique des compétences phonologiques des bons lecteurs S.Si nous permettra de constater si, lorsque leurs compétences de lecture sont élevées, leur conscience phonologique l'est aussi. En outre, il serait intéressant d'observer si les compétences des enfants S.Si en conscience phonologique sont corrélées à leurs scores en transcription orthographique.

Afin de préciser les stratégies employées par les enfants de chaque groupe en conscience phonologique, cette discussion intermédiaire invite à la réalisation de tests complémentaires. Nous avons réalisé 3 types d'analyses complémentaires pour vérifier les questionnements émanant de nos premières analyses. Ainsi, nous avons comparé les 3 groupes sur leurs performances en lecture labiale et en orthographe. Nous avons comparé S.Or et S.Si sur leur récupération auditive et sur l'âge d'appareillage. Puis, nous avons réalisé des corrélations afin d'évaluer les liens existant entre nos conditions de CP (CPn, CPI, CPo) et les facteurs qui, selon littérature scientifique, peuvent influencer la conscience phonologique chez les enfants sourds : le niveau de lecture labiale (LL), le niveau de compétences orthographiques (OrthoG) pour chaque groupe ainsi que le niveau de seuil auditif (Seuil_Aud) et d'âge d'appareillage (Age_App) pour les enfants S.Or porteurs d'appareils (Annexe 10, section 1.1)

1.1.3. Résultats des analyses complémentaires en CP

Les tests statistiques de comparaison (Tab.10) indiquent qu'en **lecture labiale** Les **S.Or** (M=22.79/50 ; ET=7.54) ont des scores significativement supérieurs à ceux des **E** (M=10.24/50 ; ET=3.63), eux-mêmes supérieurs à ceux des **S.Si** (M=6.87/50 ; ET=6.81). En **orthographe**, les **S.Or** (M=8.25/10 ; ET=2.66) et les **E** (M=9.33/10 ; ET=1.28) ne se différencient pas significativement mais leurs résultats sont significativement et respectivement supérieurs à ceux des **S.Si** (M=1.57/10 ; ET=2.09). Au niveau auditif, la comparaison des groupes sourds selon le **seuil auditif** (appareillés et non appareillés cumulés) confirme la différence significative attendue entre **S.Or** (M=26.5 dB; ET=10.36) et **S.Si** (M=88.5 dB; ET=5.10). Les résultats des S.Si ne sont pas traités statistiquement dans les corrélations car trop peu d'enfants sont appareillés (n=3) pour observer un effet d'appareillage ou d'âge d'appareillage dans ce groupe.

Lecture labiale (LL)	Orthographe (OrthoG)	Audition (seuil_Aud)
LL _(E-S.Si) : W=-3.51 ; p=.035	OrthoG _(E-S.Si) : W=-9.62 ; p<.001	Seuil_Aud _(S.Or-S.Si) : $\chi^2(1)=39.9$;
LL _(S.Or-S.Si) : W=-7.36 ; p<.001	OrthoG _(S.Or-S.Si) : W=-7.65 ; p<.001	p<.001
LL _(E-S.Or) : W=8.28 ; p<.001	OrthoG _(E-S.Or) : W=-3.12 p=.070	

Tableau 10 : Valeurs obtenues au test de comparaison en Lecture Labiale, Orthographe et Seuil Auditif pour les E-S.Si, S.Or-S.Si et E-S.Or

Les tests de corrélation indiquent²⁷ :

-**Pour les E**, une corrélation significative entre les performances en conditions CPo et OrthoG. Ce résultat montre que chez les enfants E, les compétences orthographiques sont reliées à celles de CP en condition orthographique. Ceci est également vrai pour la condition CPn.

-**Pour les S.Or**, des liens entre le seuil de récupération auditive et les 3 conditions de CP. Ce résultat montre que moins l'audition est performante (= seuil élevé) plus les enfants S.Or échouent en tâche de détection de rimes. Il existe une corrélation négative significative entre l'âge d'appareillage et la réussite en CPI et CPo. Ce résultat souligne que plus l'âge d'appareillage est tardif (= âge élevé) plus les enfants S.Or échouent en tâche de détection de rimes. Enfin, une corrélation négative faiblement significative entre la réussite en LL et les conditions de CP labiale ou orthographique indique un effet inverse inattendu entre réussite en lecture labiale et conscience phonologique.

-**Pour les S.Si** (condition CPo liée au hasard non traitée), la CP est très chutée. Elle n'est reliée ni au niveau de lecture labiale de mots, ni au niveau d'orthographe (particulièrement faibles dans ce groupe). En revanche, nous notons une corrélation entre la lecture labiale et les compétences orthographiques pouvant traduire le fait que plus les enfants S.Si sont performants en LL, plus ils ont d'importantes compétences orthographiques mais sans lien avec notre test de conscience phonologique.

1.1.4. *Interprétation des analyses complémentaires sur les résultats en CP*

Ces résultats suggèrent qu'en détection de rimes, la réussite des **enfants E** dépend surtout de leur accès à la phonologie auditive et de leur accès aux représentations orthographiques internes mais moins de la lecture labiale. Ceci va à l'encontre de certaines recherches sur la lecture labiale et la conscience phonologique dans cette population (Buchanan et al., 2020; Kyle & Trickey, 2024). Toutefois, le type de tâche administrée est très différent entre ces études et la nôtre. Par exemple, l'étude de Buchanan et al. (2020) n'a pas utilisé la lecture labiale de mots isolés mais de phrases du quotidien, ce qui peut favoriser des scores plus élevés en lecture labiale. De plus, leur épreuve de conscience phonologique consistait également en une tâche de choix d'images rimantes mais les mots n'étaient pas prononcés vocalement par l'examineur. Dans la situation dans laquelle nous avons évalué les enfants entendants, ils pouvaient donc s'appuyer sur la phonologie sonore et la lecture labiale, si besoin. Dans le cas de figure proposé par notre étude, les scores de lecture labiale et de CPI ne semblent pas corrélés. La relation entre ces compétences ne s'établit pas, à priori, avec la lecture

²⁷ Voir Annexe 10, section 1, sous-section 1.1 pour les valeurs de corrélation.

labiale de mots et n'est pas priorisée par les enfants entendants de notre étude. Ce résultat va plutôt dans le sens des travaux initiaux de Worster et al. (2018) qui trouvaient une corrélation beaucoup plus forte entre lecture labiale et conscience phonologique chez les enfants sourds qu'entendants sur des mots isolés. En revanche, les enfants entendants pourraient s'aider de l'orthographe pour décider de la rime, ce qui est cohérent avec les preuves d'un effet bidirectionnel entre conscience phonologique et lecture.

Chez les **enfants S.Or**, la réussite en détection de rimes dépendrait principalement de leur audition. Ainsi, les enfants S.Or les plus faibles en conscience phonologique seraient ceux qui bénéficieraient de la moins bonne récupération auditive et développeraient le plus la LL, de fait. C'est ce qui expliquerait nos résultats mettant en évidence une corrélation négative entre CP et LL. Ces résultats sont cohérents avec l'hypothèse de la compensation perceptuelle et les données des implantés adultes (Pimperton et al., 2017). Chez les enfants implantés, l'âge d'implantation a plus d'effet sur la conscience phonologique et les compétences de lecture, que l'âge d'introduction du *cued speech* (Colin et al., 2017). De ce fait, les résultats des enfants S.Or semblent correspondre aux patterns de performances attendus selon le niveau d'audition et/ou de l'âge d'appareillage. Ils s'appuieraient cependant plus sur leur niveau de lecture labiale de mots que sur leur niveau d'orthographe (pourtant élevé) pour décider de la rime.

Chez les **enfants S.Si**, la détection de rimes n'est pas corrélée à leur niveau de lecture labiale de mots. Ils possèdent un plus faible niveau de lecture labiale de mots que les autres groupes S.Or et E. Transler et al. (2001) avaient pourtant montré que les jugements de rimes étaient mieux réussis pour les mots à forte visibilité labiale. En condition CPI, c'est le cas des intrus non rimants qui sont très différents labialement de la paire rimante. Pourtant, les enfants S.Si n'ont pas mieux réussi l'épreuve CPI que CPn. Ils ne semblent donc pas se reposer (ou pas pouvoir se reposer) sur la lecture labiale pour décider de la rime. Le fait que les enfants S.Si de notre étude soient scolarisés dans une modalité biculturelle (avec des enseignants S.Si qui n'utilisent pas la LV) et que leurs parents soient majoritairement S.Si peut expliquer qu'ils s'appuient peu sur la lecture labiale. En effet, comme suggéré par Cates et al. (2022), il existe une différence dans l'accès à la conscience phonologique (même visuo-phonologique) entre sourds natifs et non natifs. D'autre part, la détection de rimes ne peut pas être mise en relation avec la condition orthographique de CP car les enfants S.Si ont répondu au hasard sur cette condition (Daigle, 2004; McQuarrie & Parrila, 2009). Le niveau orthographique très faible du groupe S.Si explique probablement ces réponses aléatoires sur la condition CPo et, par conséquent, ils ne s'appuient probablement pas sur cette compétence pour décider de la rime.

En définitive, chez les S.Si, l'accès à la rime est très faible mais cependant possible au-delà du facteur chance (C. Colin et al., 2013; MacSweeney et al., 2013). Cet accès à la rime est possiblement relié à d'autres facteurs non mesurés dans notre étude (e.g. phonologie cross-modale). En outre, nous n'avons mesuré qu'un type de compétences phonologiques (la rime), qu'une mesure de lecture labiale (le mot). Ainsi, des mesures plus variées dans ces domaines pourraient indiquer des résultats différents. En revanche, malgré leurs faibles résultats en orthographe et en lecture labiale, nous observons une relation entre lecture labiale de mots et représentations orthographiques des mots, sans lien avec la CP. Cela sous-entend également un lien entre ces deux compétences qu'il conviendra de vérifier par des modèles statistiques.

Ces dernières analyses couplées aux suivantes permettront ainsi d'engager une discussion plus générale sur les résultats de chaque groupe en conscience phonologique. Auparavant, nous nous intéresserons à un autre indice d'accès aux mécanismes phonologiques en comparant les erreurs phonologiquement plausibles (PPL) et non phonologiquement plausibles (NPPL) en décision orthographique ainsi que la sensibilité de nos participants à l'homophonie en tâche de décision homophonique de pseudomots.

1.2. Accès aux mécanismes phonologiques en lecture

Rappel de l'hypothèse :

H1.4 : Les S.Si utiliseront moins la lecture par voie phonologique en tâche de décision orthographique et seront moins sensibles à l'homophonie des pseudomots que les S.Or et les E.

Pour vérifier l'accès aux mécanismes phonologiques en lecture, nous utilisons deux types de mesures, les erreurs réalisées en décision orthographique et la sensibilité à l'homophonie de pseudomots.

1/ Nous prévoyons que les S.Si commettront plus d'erreurs phonologiquement non plausibles (NPPL) que plausibles (PPL) et de manière générale plus d'erreurs que les S.Or et E. Les S.Or et les E démontreront le pattern inverse : plus d'erreurs phonologiquement plausibles que non plausibles.

2/ Nous prévoyons que Les S.Si feront autant d'erreurs sur la lecture des pseudohomophones (PM_H) que des pseudomots (PM_NH) contrairement aux S.Or et E qui commettront plus d'erreurs sur les pseudohomophones (PM_H) que sur les pseudomots (PM_NH).

1.2.1. Processus phonologiques et type d'erreurs en décision orthographique

Rappel de la 1^{ère} tâche évaluant les processus phonologiques de lecture de mots :

Décision orthographique : Une image et 3 mots écrits sont présentés (un mot cible, un distracteur phonologiquement plausible et un distracteur non phonologiquement plausible). L'enfant désigne le mot qu'il pense être la cible correspondant à l'image.

Vérification de la part de hasard dans les réponses données par chaque groupe en décision orthographique (E, S.Or, S.Si) :

En décision orthographique, les participants de chaque groupe avaient une chance sur 3 ($\mu = 17.33$) de donner la bonne réponse (= mot cible) à chaque série de stimuli. Les réponses des enfants de chaque groupe E ($t(41)=45.5$; $p<.001$; $rB=1.00$), S.Or ($t(27)=19.4$; $p<.001$; $rB=.993$) et S.Si ($t(22)=5.75$; $p<.001$; $d=1.2$) sont significativement différentes du hasard.

Nous nous intéressons spécifiquement au type d'erreurs réalisées. Le tableau 11 décrit les scores bruts d'erreurs phonologiquement plausibles et non plausibles réalisées par chaque groupe respectivement E, S.Or et S.Si sur le test de décision orthographique.

Statistiques descriptives

	categERR	groupe	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
score_Type_Erreur	PPL	E	42	0	3.74	2.00	3.70
		S.Or	28	0	3.75	2.00	5.21
		S.Si	23	0	9.91	11	5.40
	NPPL	E	42	0	1.00	1.00	1.15
		S.Or	28	0	2.11	1.00	3.65
		S.Si	23	0	12.61	12	5.70

Tableau 11 : Scores bruts d'erreurs Phonologiquement PLausibles (Max PPL /52) et Non Phonologiquement Plausibles (Max NPPL /52) en décision orthographique écrite par groupe d'enfants Entendants (E), Sourds Oralisans (S.Or) et Sourds Signants (S.Si)

Comparaison des groupes (E, S.Or, S.Si) sur les erreurs réalisées en décision orthographique :

Résultats intergroupes sur le nombre total d'erreurs

Le nombre total d'erreurs réalisées par les enfants diffère significativement selon le groupe E, S.Or et S.Si ($H(2)=71.2$; $p<.001$; $\epsilon^2=.385$). Plus précisément, en décision orthographique, les enfants S.Si

commettent significativement plus d'erreurs que les enfants E ($W_{(E_S, Si)}=11.29$; $p_{(E_S, Si)}<.001$) et que les S.Or ($W_{(S, Or_S, Si)}=9.70$; $p_{(S, Or_S, Si)}<.001$). En revanche, les enfants E et S.Or ne se différencient pas significativement ($W_{(E_S, Or)}=0.45$; $p_{(E_S, Or)}=.95$).

Un modèle linéaire mixte (Annexe 10, sous-section 1.2.1) nous permet ensuite de comparer plus précisément le type/nombre d'erreurs PPL vs. NPPL réalisées entre chaque groupe et dans chaque groupe.

Résultats intergroupes sur le nombre d'erreurs PPL vs. NPPL

La comparaison du nombre d'erreurs, respectivement PPL et NPPL, entre chaque groupe E, S.Or et S.Si retrouve un pattern de performances similaire aux constats précédents. Pour les erreurs PPL, les S.Si commettent significativement plus d'erreurs que leurs pairs S.Or ($t=-7.62$; $p<.001$) et E ($t=-5.76$; $p<.001$). En revanche, les S.Or et les E ne se différencient pas significativement ($t=.012$; $p=1$). Pour les erreurs NPPL, les S.Si commettent significativement plus d'erreurs que leurs pairs S.Or ($t=-9.04$; $p<.001$) et E ($t=-10.84$; $p<.001$). Les S.Or et les E ne se différencient pas significativement ($t=-1.09$; $p=1$).

Résultats intragroupes sur le type d'erreurs PPL vs. NPPL (Fig.24)

L'analyse du type d'erreurs majoritairement réalisées dans chaque groupe montre des patterns de résultats différents selon les groupes considérés. Les enfants E commettent significativement plus d'erreurs PPL que NPPL ($t=4.41$; $p<.001$). Les enfants S.Or commettent un nombre d'erreurs PPL non significativement différent du nombre d'erreurs NPPL ($t=2.16$; $p=.503$). Les enfants S.Si commettent significativement plus d'erreurs NPPL que PPL ($t=-3.21$; $p=.028$).

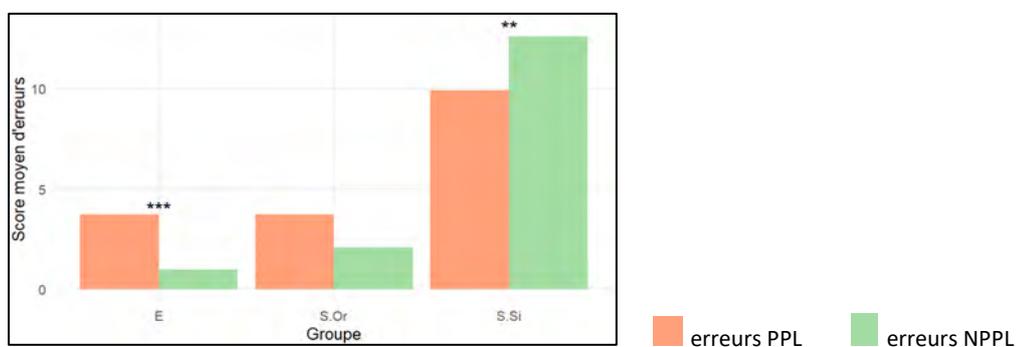


Figure 24: Scores d'erreurs Phonologiquement PLAusibles (PPL) et Non Phonologiquement PLAusibles (NPPL) comparés pour chaque groupe d'enfants Entendants (E), Sourds Oralisants (S.Or) et Sourds Signants (S.Si). La significativité concerne la comparaison NPPL/PPL à l'intérieur de chaque groupe.

Ces résultats montrent, d'une part, un niveau d'identification de mots significativement plus faible chez les S.Si que chez leurs pairs S.Or et E qui, eux, ne se différencient pas statistiquement. D'autre part, au regard du type d'erreurs réalisées dans chaque groupe, les stratégies phonologiques semblent être privilégiées par les E et, dans une moindre mesure par les S.Or, par rapport aux S.Si.

1.2.2. *Processus phonologiques et sensibilité à l'homophonie de pseudomots*

Rappel de la 2nd tâche évaluant les processus phonologiques de lecture de mots :

Test de sensibilité à l'homophonie de pseudomots : un pseudomot est présenté à l'écrit. L'enfant décide par oui ou non si ce pseudomot est homophone à un mot réel de la langue française vocale.

Vérification de la part de hasard dans les réponses données par chaque groupe (E, S.Or, S.Si) :

En décision homophonique écrite sur des pseudomots (PM_TOT), les participants de chaque groupe avaient une chance sur deux ($\mu \neq 10$) de donner la bonne réponse. Les réponses des enfants de chaque groupe E ($t(41)=22.3$; $p<.001$; $rB=.998$), S.Or ($t(27)=14.6$; $p<.001$; $rB=.995$) et S.Si ($t(22)=2.57$; $p<.001$; $d=.535$) sont significativement différentes du hasard.

Si nous observons ces résultats par condition ($\mu \neq 5$: PseudoMots Homophones (PM_H) et PseudoMots Non Homophones (PM_NH)) : les réponses des enfants E (PM_H : $p<.001$ et $rB=.870$ / PM_NH : $p<.001$ et $rB=.907$) et S.Or (PM_H : $p<.001$ et $rB=.719$ / PM_NH : $p<.001$ et $rB=.862$) sont significativement différentes du hasard. Les réponses des enfants S.Si sont significativement différentes du hasard sur la condition Pseudomots Non Homophones (PM_NH : $p=.004$ et $d=.6721$). En revanche, leurs réponses sont probablement liées au hasard sur la condition PseudoMots Homophones (PM_H : $p=.638$; $d=.0994$). En conséquence, nous ne pourrons pas traiter les résultats des enfants S.Si sur la condition PM_H.

Le tableau suivant (Tab.12) les résultats bruts obtenus par chaque groupe respectif sur l'épreuve totale de décision homophonique de PseudoMots (scores PM_TOT) ainsi que sur chaque condition PseudoMots Homophones et Non Homophones (scores PM_H et PM_NH).

Statistiques descriptives						
	statut	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
PM_H	E	42	0	8.88	9.00	1.66
	S.Or	28	0	8.04	8.50	1.79
	S.Si	23	0	5.17	5	1.75
PM_NH	E	42	0	9.52	10.00	1.04
	S.Or	28	0	9.32	10.00	1.28
	S.Si	23	0	6.30	7	1.94
PM_TOT	E	42	0	18.40	19.00	2.44
	S.Or	28	0	17.36	17.50	2.67
	S.Si	23	0	11.48	12	2.76

Tableau 12 : Scores obtenus par chaque groupe d'enfants (E, S.Or, S.Si) sur l'épreuve totale de décision homophonique de PseudoMots (PM_TOT pour les scores /20) ainsi que sur chaque condition PseudoMots Homophones et Non Homophones (PM_H et PM_NH pour les scores/10 respectivement).

Comparaison des enfants E, S.Or, S.Si sur la lecture de pseudomots et pseudohomophones :

Résultats intergroupes sur l'ensemble de l'épreuve de décision homophonique de pseudomots

Les enfants de nos trois groupes se différencient significativement en scores total de réussite PM_TOT ($H(2)=76.7$; $p<.001$ et $\epsilon^2=.415$). Plus précisément, les E et S.Or obtiennent des scores ne se différenciant pas significativement ($W_{(E-S.Or)}=-2.50$; $p_{(E-S.Or)}=.18$). Leurs performances respectives sont significativement supérieures à celles des S.Si ($W_{(E-S.Si)}=-11.87$; $p_{(E-S.Si)}<.001$; / $W_{(S.Or-S.Si)}=-9.19$; $p_{(S.Or-S.Si)}<.001$).

Un modèle linéaire mixte (voir Annexe 10, sous-section 1.2.2) nous permet ensuite de comparer les scores par conditions PMH et PM_NH entre les groupes et dans chaque groupe.

Résultats intergroupes par condition

En scores de réussite selon les conditions PM_H et PM_NH, nous ne pouvons pas traiter les résultats des enfants S.Si sur la condition PM_H car les réponses ne sont pas significativement différentes du seuil du hasard.

Les scores des enfants E et S.Or ne sont pas significativement différents ni sur la condition PM_H (PM_H : $t_{(E-S.Or)}=2.221$; $p_{(E-S.Or)}=.417$) ni sur la condition PM_NH, (PM_NH : $t_{(E-S.Or)}=.532$; $p_{(E-S.Or)}=1$). En revanche, les enfants S.Si obtiennent des scores PM_NH significativement plus faibles que ceux des E (PM_NH : $t_{(E-S.Si)}=7.955$; $p_{(E-S.Si)}<.001$) et S.Or (PM_NH : $t_{(S.Or-S.Si)}=6.872$; $p_{(S.Or-S.Si)}<.001$).

Résultats intragroupes par condition

En scores de réussite selon les conditions PM_H et PM_NH, (Fig.25), les enfants E ne montrent pas de différences significatives selon les conditions PM_H et PM_NH ($t=-2.397$; $p=.279$). A l'inverse, les enfants S.Or sont significativement plus performants sur la condition PM_NH que sur la condition PM_H ($t=-3.914$; $p=.003$).

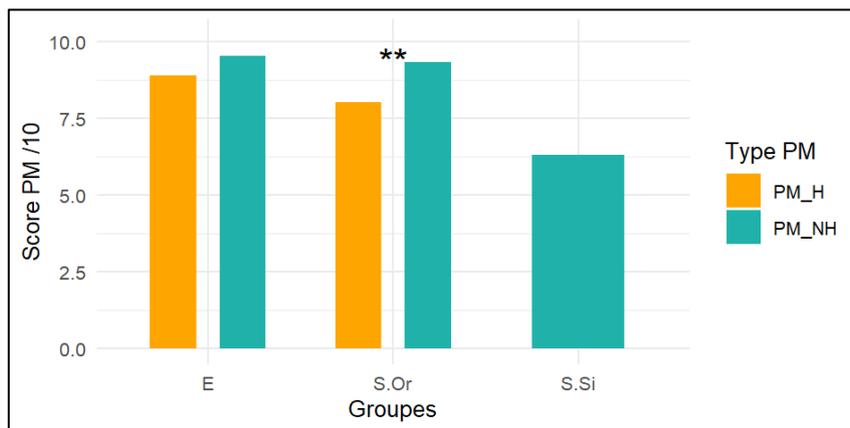


Figure 25: Comparaisons des scores de réussite en tâche de décision homophonique sur pseudomots homophones (PM_H/10) et non homophones (PM_NH/10) entre enfants entendant (E), sourds oralisant (S.Or) et sourds signant (S.Si)

1.2.3. Discussion intermédiaire sur les mécanismes phonologiques de lecture

Rappel :

1/ Notre épreuve visait à certifier l'usage de la voie phonologique, suggéré par les erreurs PPL puisque la distance orthographique était égale entre les distracteurs (PPL et NPPL). Le fait d'avoir utilisé des distracteurs pseudohomophones (PPL) et des mots plus rares que les cibles, voisins orthographiques (NPPL) devait favoriser, en cas d'erreurs, l'usage plus important de la voie phonologique suggéré par un nombre plus important d'erreurs PPL que NPPL.

2/ Notre épreuve visait à certifier l'usage de la voie phonologique suggéré par des scores plus bas en décision homophonique sur des pseudohomophones (PM_H) que des pseudomots non homophones (PM_NH), reflétant une sensibilité à l'homophonie.

Hypothèse H1.4 : Les S.Si utilisent moins la lecture par voie phonologique que les S.Or et E c'est-à-dire que :

1/ les S.Si commettent plus d'erreurs NPPL que PPL. Les S.Or et les E devaient démontrer le pattern inverse : plus d'erreurs PPL que NPPL,

2/ les S.Si commettent autant d'erreurs sur la lecture des pseudohomophones (PM_H) que des pseudomots (PM_NH) contrairement aux S.Or et E qui devaient commettre plus d'erreurs sur les pseudohomophones (PM_H) que sur les pseudomots (PM_NH)

Résultats : Les résultats montrent que les enfants E et S.Or sont plus performants que les S.Si sur les deux tâches impliquant les processus phonologiques de lecture. En effet, ils commettent significativement moins d'erreurs (PPL + NPPL) que leurs pairs S.Si et montrent des scores significativement plus performants que ceux des S.Si sur les pseudomots (PM_TOT et PM_NH).

En revanche, les patterns de performances sont différents selon les groupes considérés et selon les tâches :

Les enfants E commettent significativement plus d'erreurs PPL que NPPL ($PPL > NPPL$) et leurs erreurs ne se différencient pas sur les PM ($PM_H = PM_NH$).

Les enfants S.Or ne commettent pas significativement plus d'erreurs PPL que NPPL ($PPL = NPPL$) et leurs erreurs PM_NH sont inférieures aux PM_H ($PM_NH < PM_H$).

Les enfants S.Si commettent significativement plus d'erreurs NPPL que PPL ($PPL < NPPL$) et répondent au hasard en condition PM_H rendant impossible l'interprétation de la sensibilité à l'homophonie. Notons toutefois, qu'ils ont des scores PM_NH significativement inférieurs aux deux autres groupes.

Les S.Si commettent plus d'erreurs NPPL que PPL et sont moins sensibles à l'homophonie ($PM_H = PM_NH$) :

Chez les S.Si, les résultats montrent que l'activation phonologique est faible en décision orthographique, comme le souligne la typologie de leurs erreurs NPPL supérieures aux erreurs PPL (Daigle et al., 2020; Ormel et al., 2010; Plisson et al., 2010). Ces résultats s'alignent avec ceux observés en conscience phonologique montrant de très faibles compétences de CP.

Les erreurs NPPL ont la caractéristique, dans notre test de décision orthographique, d'être des voisins orthographiques et non phonologiques des cibles. Ce choix effectué plus souvent par les enfants S.Si conforte ainsi l'idée d'un accès lexical orthographique plus systématique chez les enfants S.Si (Meade et al., 2019). Pourtant, il est vrai que des erreurs PPL (homophones) sont commises, bien qu'en nombre

moins important que les erreurs NPPL. Daigle et al. (2020) expliquent que la réussite en transcription chez des bilingues LS (qui n'ont pas forcément appris à lire avec une méthode phonologique) tient à leurs connaissances phonologiques, morphologiques, visuelles au niveau sublexical et au niveau lexical/supralexical. Dans cette hypothèse, les erreurs PPL réalisées par le groupe S.Si pourraient être en lien avec leurs connaissances phonologiques, même si elles sont faibles. Cependant, les mêmes auteurs précisent que les enfants sourds signants sont dans l'impossibilité de vérifier leurs erreurs car ne peuvent pas répondre à la question « Est-ce que ce mot sonne bien ? » (Daigle et al., 2020, p. 372), ce qui rend tout à fait compte d'une impossibilité d'accès au codage phonologique.

L'épreuve des pseudohomophones permet de préciser l'accès phonologique supposé. Comme l'évoquait Daigle et al. (2020), leurs réponses sur les pseudohomophones sont données au hasard mais pas sur les pseudomots. Ils peuvent donc dire si un stimulus est un mot ou non, mais ils répondent au hasard pour dire s'il sonne comme un mot de la LV ou pas. Cela laisse penser que les processus de lecture en jeu sont de nature visuelle et non phonologique. En outre, lors des passations, certains enfants S.Si expliquaient clairement qu'ils ne savaient pas ou justifiaient leurs choix par des processus orthographiques (e.g. un participant S.Si précise spontanément son choix « oui » pour le stimulus « cayé » en signant « ça ressemble, c'est presque **les mêmes lettres** que « café » alors je dis « oui », c'est ça? »). Ces justifications nous semblent relever de processus lexicaux avec une sensibilité au voisinage orthographique²⁸. Elles renforcent l'idée d'un recours impossible ou extrêmement complexe aux processus phonologiques chez les S.Si (Costello et al., 2021; Gutierrez-Sigut et al., 2022). Alors, il est hautement probable que les représentations phonologiques contribuent peu, voire pas, à leur reconnaissance des mots écrits.

Les E commettent plus d'erreurs PPL que NPPL et sont sensibles à l'homophonie (PM_H < PM_NH):

Pour les **enfants E**, la prédiction concernant les erreurs PPL/NPPL est vérifiée puisqu'ils commettent significativement plus d'erreurs PPL que NPPL. En revanche, concernant le test de sensibilité à l'homophonie, l'absence de différences significatives entre la décision des PM_H et PM_NH n'est pas attendue (Bowey & Muller, 2005). Ce résultat peut s'expliquer par un effet de fréquence des mots de base qui a un effet facilitateur (Farioli et al., 2011). Par conséquent, la fréquence très basse des mots de base peut avoir facilité la décision homophonique rendant les scores PM_H et _NH équivalents. Les

²⁸ Nous avons vérifié la distance orthographique entre la cible et son homophone mais n'avons pas vérifié les voisins orthographiques réels des pseudomots créés. Or, certains choix homophoniques attendus sur des pseudohomophones peuvent être alors effectués par l'orthographe. A posteriori de l'épreuve, nous avons vérifié que ce problème ne concernerait que 3 stimuli/10 (cayé-café; phantaume-phantasme; source-source). Seul « cayé-café » nous semble un biais méthodologique puisque « café » est fréquent. Nous supposons que la fréquence plus basse de « source » et « phantasme » n'entraîne pas de confusion possible chez les signants.

mots de base avaient été choisis comme très fréquents pour permettre aux enfants S.Si et S.Or d'accéder au vocabulaire. Ces résultats ne démontrent donc pas clairement un effet d'homophonie mais ne l'infirmes pas non plus.

Les S.Or commettent plus d'erreurs PPL que NPPL et sont sensibles à l'homophonie (PM_H < PM_NH):

Pour les **enfants S.Or**, nos résultats ne vont pas dans le sens de nos prédictions. Des études antérieures indiquaient que le niveau de reconnaissance de mots était équivalent entre E et S.Or (Mathews & O'Donnell, 2020) et que leurs erreurs étaient plus souvent PPL (Harris & Terlektsi, 2011). Bien que les enfants E et S.Or commettent un nombre d'erreurs PPL non significativement différent, les S.Or ne commettent pas significativement plus d'erreurs PPL que NPPL, contrairement aux enfants entendants (au même niveau de reconnaissance). Cela suggère un usage de la voie phonologique moins systématique ou moins maîtrisé chez les S.Or que chez les E. D'autres études ont abouti aux mêmes conclusions avec des méthodologies différentes (e.g. Sabatier et al., 2024). Par ailleurs, nous notons une grande variabilité des réponses du groupe S.Or. Les travaux de M. Simon et al. (2019) montrent l'influence des performances auditives sur ce type d'épreuve : les enfants sourds ayant de meilleures performances auditives et un implant précoce présentent moins d'erreurs NPPL. Ceci peut aussi expliquer la variabilité des résultats des S.Or.

Les épreuves de décision entre pseudomots et pseudohomophones pouvaient apporter des précisions sur les stratégies phonologiques des enfants sourds oralisants. Chez les enfants sourds accédant à la LV, un effet d'homophonie moins fort que chez les entendants est attendu (Daza et al., 2014; Transler & Reitsma, 2005). Dans notre étude, les enfants S.Or ont commis plus d'erreurs sur les décisions des PM_H que PM_NH. Ils sont donc sensibles à l'homophonie mais moins sensibles à la fréquence orale des mots de base que les E. Cela suggère des effets d'homophonie probablement présents chez les S.Or et les E mais pas au même degré.

On peut interpréter les résultats des erreurs PPL/NPPL du groupe S.Or dans le sens d'un recours un peu plus faible aux procédures phonologiques que chez les E et de confusions plus fréquentes entre les cibles et les voisins orthographiques traduisant probablement un accès lexical moins précis (Bouton, 2010). Bien qu'utilisant la voie phonologique (sensibilité à l'homophonie), ils sont donc plus sensibles au voisinage orthographique que phonologique que les E. Ces résultats semblent cohérents avec ce que nous avons observé en CP montrant des scores élevés de CP mais une lenteur de traitement phonologique par rapport aux E. Il est aussi possible que selon la limitation en temps (ou pas) de la tâche, leurs réponses en voie phonologique ou lexicale soient modulées.

Pour conclure sur les compétences phonologiques mesurées chez les enfants sourds et entendants, nos résultats en CP indiquent que les enfants E possèdent comme les S.Or des scores de CP élevés mais les S.Or sont plus lents sur ces tâches. En revanche, les S.Si possèdent de faibles scores et certains subtests impliquent même des réponses liées au hasard. Par conséquent, ils utilisent peu (voire pas) la voie phonologique de lecture par rapport aux autres groupes. Dans les modèles traditionnels de lecture, la maîtrise de la voie phonologique construit la base de l'accès lexical. Pour les sourds signants, cette hypothèse ne semble pas plausible. Le modèle à voie unique BRAID-Acq, en revanche, explique des processus phonologiques ou lexicaux possibles selon la quantité d'attention dévolue au traitement de la chaîne de caractères via l'EVA.

1.3. Empan visuo-attentionnel

Rappel de l'hypothèse :

H2 : il n'existera pas de différences significatives entre les enfants E, S.Or et S.Si en EVA (RG + RP)

Rappel de l'épreuve d'EVA : 2 subtests permettent d'obtenir un score total d'EVA. Un subtest demande le rappel d'une série complète de lettres (RG), l'autre subtest demande le rappel d'une seule lettre dans une suite selon sa position (RP).

1.3.1. Présentation des résultats en EVA

Le tableau 13 décrit les résultats bruts obtenus par chaque groupe respectivement sur le test d'EVA EVADYS.

Statistiques descriptives

	groupe	N	Manquants	Moyenne	Erreur standard	Médiane	Ecart-type
eva_tot	E	42	0	131.5	1.558	132.0	10.10
	S.Or	28	0	119.0	3.362	124.0	17.79
	S.Si	23	0	112.3	2.445	113	11.73
eva_rg	E	42	0	87.0	1.291	88.0	8.36
	S.Or	28	0	77.5	2.520	80.5	13.33
	S.Si	23	0	69.8	2.294	70	11.00
eva_rp	E	42	0	44.6	0.577	45.0	3.74
	S.Or	28	0	41.5	1.334	42.0	7.06
	S.Si	23	0	42.5	0.875	43	4.20

Tableau 13 : Scores global d'EVA (eva_tot /150) et scores aux subtests Report Global (eva_rg /100) et Report Partiel (eva_rp/50) des enfants Entendants (E), Sourds Oralisants (S.Or) et Sourds Signants (S.Si)

Comparaison des groupes (E, S.Or, S.Si) en EVA :

Résultats intergroupes en EVA total

Les scores totaux d'EVA obtenus par les enfants de nos trois groupes (E, S.Or et S.Si) (Fig.26) se différencient significativement ($F(2,90)=17.4$; $p<0.001$; $\eta^2p=.278$) : les E obtiennent des scores significativement et respectivement supérieurs à ceux des S.Or et des S.Si ($t_{(E-S.Or)}=3.86$; $p_{(E-S.Or)}<.001$; $d_{(E-S.Or)}=.941$ et $t_{(E-S.Si)}=5.58$; $p_{(E-S.Si)}<.001$; $t_{(E-S.Si)}=5.58$; $d_{(E-S.Si)}=1.447$). Les S.Or et S.Si obtiennent des scores ne se différenciant pas significativement ($t_{(S.Or-S.Si)}=1.80$; $p_{(S.Or-S.Si)}=.226$; $d_{(S.Or-S.Si)}=.506$).

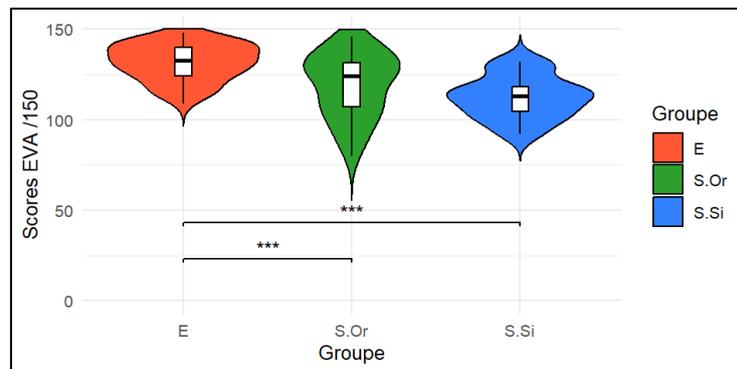


Figure 26 : Scores d'EVA total (/150) entre les groupes

Résultats intergroupes au subtest Report Global (RG)

Les scores de RG (Fig.27) obtenus par les enfants E sont significativement et respectivement supérieurs à ceux obtenus par les enfants S.Or ($W_{(E-S.Or)}=-4.17$; $p_{(E-S.Or)}=.009$) et S.Si ($W_{(E-S.Si)}=-7.34$; $p_{(E-S.Si)}<.001$). Les scores RG des enfants S.Or et S.Si ne sont pas significativement différents ($W_{(S.Or-S.Si)}=-2.88$; $p_{(S.Or-S.Si)}=.104$).

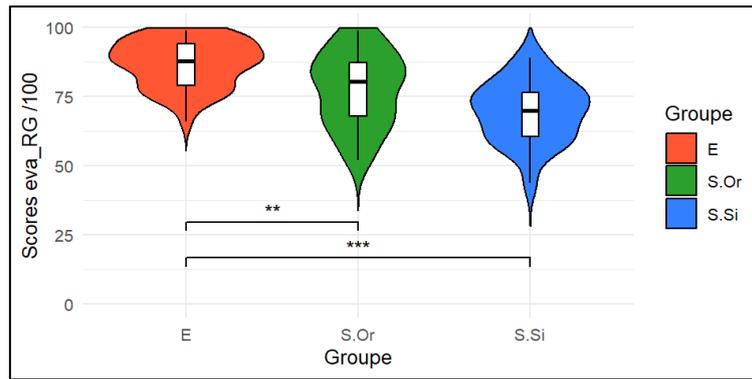


Figure 27 : Scores d'EVA RG (/100) entre les groupes

Résultats intergroupes au subtest Report Partiel (RP)

Les scores de RP (Fig.28) obtenus par les enfants E, S.Or et S.Si ne se différencient pas significativement ($W_{(E-S.Or)}=-2.527$; $p_{(E-S.Or)}=.174$ / $W_{(E-S.Si)}=-2.737$; $p_{(E-S.Si)}=.174$ / $W_{(S.Or-S.Si)}=.175$; $p_{(S.Or-S.Si)}=.992$).

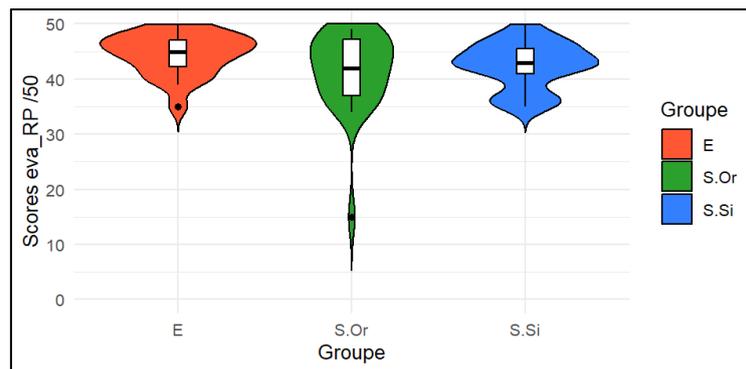


Figure 28 : Score d'EVA RP(/50) entre les groupes

1.3.2. Discussion intermédiaire sur les résultats en EVA

Hypothèse H2 : EVA total, RG et RP selon les groupes

Résultats : Confirmant notre hypothèse, les scores des 3 groupes ne se différencient pas significativement au subtest RP. Cependant, contrairement à ce que nous prévoyions, les enfants E sont significativement plus performants que les S.Or et S.Si sur le subtest RG et en EVA total. Aucune différence significative n'apparaît entre les scores des S.Or et S.Si en revanche.

En EVA total et RG, les enfants E ont des scores élevés par rapport aux sourds. Différentes hypothèses sont envisageables pour expliquer ces résultats :

Une première hypothèse pourrait être que la différence entre le subtest RG et RP s'explique par un déficit en mémoire à court terme. Si cette mémoire est limitée, alors elle ne permet pas aux enfants sourds de rappeler une séquence d'éléments. Cette hypothèse a été investiguée chez les enfants dyslexiques et normo-lecteurs par Valdois (2022). Elle démontre qu'aucune preuve n'indique que la mesure de l'EVA en RG est reliée à la mémoire à court terme. Par exemple, les dyslexiques qui ont déjà des difficultés en mémoire à court terme n'ont pas des performances aggravées sur la tâche visuelle de RG, lorsqu'elle est cumulée avec une autre tâche verbale complexe. En revanche, les difficultés séquentielles que connaissent les enfants sourds (Grempe et al., 2019; Kral et al., 2016) pourraient ne pas avoir un impact sur la mémorisation (qui procède par une exposition simultanée de la chaîne de caractères) mais sur la qualité du rappel qui est, par défaut, sérielle (même si la cotation inclut les lettres redonnées quel que soit leur ordre, la consigne donnée aux enfants ne le précise pas). Ainsi, la tâche RG n'empêche pas l'utilisation d'un mécanisme cognitif séquentiel visant à mémoriser la suite de consonnes. En effet, nous avons noté que la plupart des enfants cherche à redonner les lettres dans l'ordre de présentation, comme il leur est demandé pour les mots au niveau scolaire. Or, le rappel libre est plus adapté que le rappel séquentiel chez les signants (Hirshorn et al., 2015). Il serait intéressant soit d'adapter la consigne en précisant la possibilité de rappel libre, soit d'adapter la tâche. Une solution pourrait être une présentation simultanée, en ligne, suivie d'une tâche de reconnaissance par désignation en choix multiples (avec les consonnes cibles et des lettres distractrices, éparpillées spatialement) afin de contourner les tentatives de rappel séquentiel des enfants sourds.

Une seconde hypothèse est que les enfants S.Or et S.Si ont un niveau de lecture plus faible que les E. L'EVA augmentant avec les progrès dans l'apprentissage (Bosse et al., 2009; Bosse & Valdois, 2009), les enfants sourds au niveau de lecture/transcription plus faible auraient également un empan visuo-attentionnel plus réduit. Néanmoins, le fait que les scores d'EVA des S.Or et S.Si ne diffèrent pas significativement alors que les scores de lecture/d'orthographe sont très faibles pour les S.Si contrairement aux S.Or, ne plaide pas en ce sens.

Une troisième hypothèse serait liée aux stratégies visuo-attentionnelles des sourds qui seraient moins précis en fovéa (Tao et al., 2019) et favoriseraient un traitement simultané mais avec une distribution de l'attention maximale, excentrée du point de fixation même sur des mots isolés. Ainsi, si les traitements oculaires sont différents pour sourds et entendants, les performances par positions en RG et RP devraient révéler cela.

Enfin, une dernière hypothèse est celle d'un manque d'adaptation de ce test pour entendants, aux enfants sourds. En effet, les stimuli ont été contrôlés sur le plan phonologique vocal par les auteurs (Valdois et al., 2017) mais cela ne correspond pas aux proximités dactylogiques des lettres (e.g. F/T

voir Fig.29). Ceci peut entraîner des confusions dactylogographiques visuelles entre lettres proches (aussi bien pour le participant que pour l'expérimentateur). Il serait donc intéressant d'adapter la tâche dactylogographique et de la reproduire avec un contrôle spécifique des lettres selon les facteurs phonologiques de la LV et de proximité des configurations dactylogographiques. En outre, filmer les participants permettrait de réduire les erreurs de l'expérimentateur qui note les réponses de l'enfant. Si l'adaptation de la tâche consiste en une désignation, comme proposé précédemment, ces difficultés seraient également contournées.

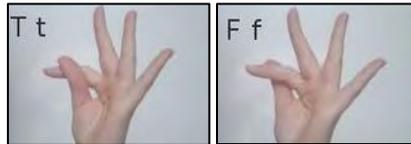


Figure 29 : Configuration des lettres T et F en dactylogographie (issue de fr.wikipedia.org)

Le score plus faible en EVA total chez les sourds semble donc s'expliquer par de plus faibles performances en RG alors qu'aucune différence significative n'apparaît entre les scores des 3 groupes en RP. Pour mieux visualiser les compétences en EVA des enfants sourds et tenter de décrire leurs compétences visuo-attentionnelles, il nous semble important de comparer les scores sur 5, les séquences complètes redonnées et d'observer plus finement les scores par positions en RG et RP.

1.3.3. Résultats des analyses complémentaires en EVA par positions

EVA/5 et Séquences complètes

Nous proposons d'utiliser les scores d'EVA/5 pour mieux nous rendre compte de l'étendue de l'EVA selon les groupes (Tab.14). Cela ne change pas, bien entendu, les différences significatives entre les groupes sur les tâches de RP et RG et donc en EVA total. En revanche, nous ajoutons le nombre de séquences complètes (SQ_compl) redonnées en RG afin d'affiner notre interprétation concernant l'EVA des enfants sourds.

Statistiques descriptives						
	Groupe	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
RG	E	42	0	4.35	4.40	0.418
	S.Or	28	0	3.88	4.03	0.667
	S.Si	23	0	3.49	3.50	0.550
RP	E	42	0	4.46	4.50	0.374
	S.Or	28	0	4.15	4.20	0.706
	S.Si	23	0	4.25	4.30	0.420
SQ_compl	E	42	0	11.10	12.00	5.212
	S.Or	28	0	7.82	8.00	5.755
	S.Si	23	0	3.74	3	3.222
eva_tot	E	42	0	4.40	4.45	0.312
	S.Or	28	0	4.02	4.15	0.591
	S.Si	23	0	3.87	3.87	0.343

Tableau 14 : Scores EVA RG, RP, Séquences complètes (SQ_compl) et EVA total selon le groupe

En EVA total, les **E** perçoivent en moyenne **4.4** (ET=.312) caractères simultanément, en une fixation oculaire, et se différencient significativement des **S.Or** qui en perçoivent en moyenne **4.02** (ET=.591). **S.Or** et **S.Si** (**3.87**, ET=.343) ne se différencient pas significativement ($W_{(E-S.Or)}=-3.88$; $p_{(E-S.Or)}=.017$ / $W_{(E-S.Si)}=-6.90$; $p_{(E-S.Si)}<.001$ / $W_{(S.Or-S.Si)}=-2.00$; $p_{(S.Or-S.Si)}=.336$). En outre, les **E** redonnent significativement plus de séquences complètes (M=11.10, ET=5.212) que les **S.Or** (M=7.82, ET=5.755) qui en redonnent eux-mêmes significativement plus que les **S.Si** (M=3.74, ET=3.222).

En RG, le même pattern de performances qu'en EVA total est observable entre les groupes : les **E** se différencient significativement des **S.Or**, avec 4.35 lettres (ET=.418) pour les **E** et 3.88 (ET=.667) pour les **S.Or**. Mais **S.Or** et **S.Si** (M=3.40, ET=.550), obtiennent des scores qui ne se différencient pas significativement (Tab.15).

En RP, les trois groupes ne se différencient pas significativement avec des scores de 4.46 lettres (ET=.374) pour les **E**, 4.15 (ET=.706) pour les **S.Or** et 4.25 (ET=.420) pour les **S.Si** (Tab.15).

RG	RP	Séquences Complètes (SQ_Compl)
$RG_{(E-S.Si)} : W=-7.34 ; p<.001$	$RP_{(E-S.Si)} : W=-2.737 ; p=.129$	$SQ_{(E-S.Si)} : W=-7.04 ; p<.001$
$RG_{(S.Or-S.Si)} : W=-2.88 ; p=.104$	$RP_{(S.Or-S.Si)} : W=.175 ; p=.992$	$SQ_{(S.Or-S.Si)} : W=-3.35 ; p=.032$
$RG_{(E-S.Or)} : W=-4.17 ; p=.009$	$RP_{(E-S.Or)} : W=-2.527 ; p=.174$	$SQ_{(E-S.Or)} : W=-3.40 ; p=.043$

Tableau 15 : Valeurs obtenues au test de comparaison aux subtests RG et RP et en Séquences Complètes pour les E-S.Si, S.Or-S.Si et E-S.Or

Les **E** possèdent un EVA plus étendu à la fois parce qu'ils peuvent redonner plus de lettres d'une séquence (RG) et qu'ils mémorisent mieux leur emplacement (RP). La combinaison de ces deux compétences leur permet de redonner plus de séquences complètes que les enfants sourds.

Les S.Or semblent comme les S.Si en difficulté pour redonner les lettres d'une séquence (RG) et s'appuient plus sur leur emplacement (RP) puisque les scores des 3 groupes ne se différencient pas sur cette tâche. Néanmoins, les S.Or parviennent plus souvent que les S.Si à redonner une séquence complète.

EVA par position en RG et RP

En RG²⁹, à titre complémentaire, nous observons les scores par position des 3 groupes (Fig.30 et Tab.16). Les trois groupes se comportent de la même façon en P1. Sur les autres positions, les E sont significativement supérieurs aux S.Or et S.Si, qui eux ne se différencient pas. La seule position qui sort de ce pattern est la P3 sur laquelle les S.Or et E ne se différencient pas.

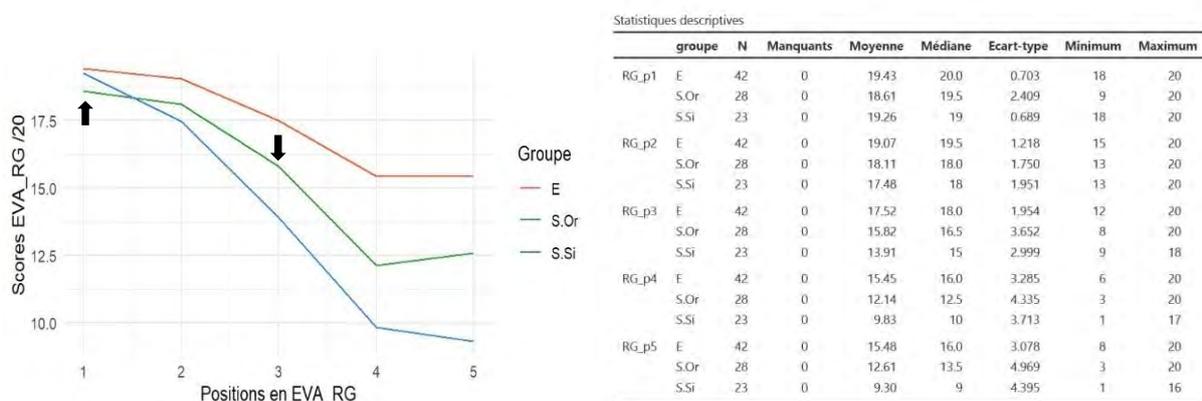


Figure 30 (à gauche) et Tableau 16 (à droite) : Scores d'EVA RG par position (1 à 5) entre les groupes

Les scores par position, en RG, révèlent des patterns de fonctionnement similaires entre les 3 groupes mais une chute des performances beaucoup plus brutale des enfants S.Or, et encore plus des enfants S.Si, dès P2 et jusqu'à P5. Le rappel global montre donc que pour les 3 groupes d'enfants les performances de mémorisation vont en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de la première lettre. Autrement dit, ils favorisent les premières lettres en RG. On notera également la plus forte variabilité des groupes S.Or et S.Si sur chaque position par rapport aux E.

En RP, à titre complémentaire, nous observons les scores par position des 3 groupes (Fig.31 et Tab.17). Aucune différence significative entre les 3 groupes n'apparaît de P1 à P3 ainsi qu'en P5. En revanche, en P4, les scores RP des S.Si et E ne se différencient pas significativement mais ceux des E sont

²⁹ Les valeurs des tests statistiques de comparaison en RG et RP sont disponibles en Annexe 10, section 1.3.

significativement plus élevés que ceux des S.Or (**P4** : $W_{(E-S.Or)}=-3.815$; $p_{(E-S.Or)}=.019$). Une grande variabilité intersujets est constatable chez les S.Or (notamment en **P4** : $ET_{(S.Or)}=2.501$).

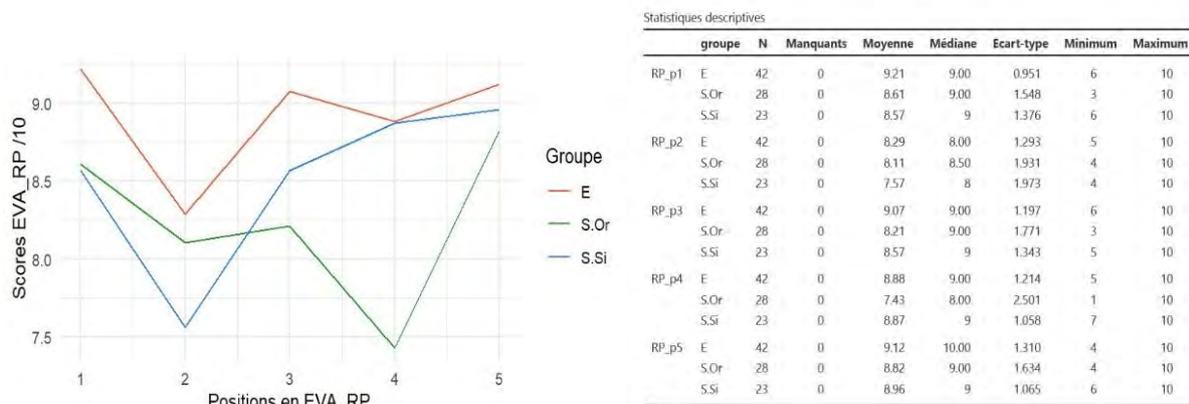


Figure 31 (à droite) et Tableau 17 (à droite) : Scores d'EVA RP par position (1 à 5) entre les groupes

Notons que d'après Bouvier-Chaverot et al. (2012) qui présentaient le cas d'un dyslexique de surface « Gustave », les P2 et P4 étaient particulièrement échouées par rapport aux normo-lecteurs chez cet enfant. Nos résultats montrent que la position P2 est aussi particulièrement chutée par les entendants en RP. Il aurait été intéressant de comparer les patterns de performances par position avec des enfants présentant des difficultés phonologiques et d'EVA. Nous n'avons pas de tels résultats en notre possession.

Sur le plan qualitatif, d'après ces résultats, on peut tenter de préciser le profil en EVA des enfants selon leur langue. Les E ont un empan large grâce aux compétences couplées de RG et RP. Les S.Or ont un EVA réduit par rapport aux E. Ils peuvent toutefois redonner plus de séquences complètes en RG que les S.Si et peuvent s'appuyer également sur l'emplacement des lettres (RP), sauf la position P4. Les S.Si ont un EVA aussi réduit que les S.Or et échouent plus que les autres groupes à redonner des séquences complètes en RG. Leur seul appui en EVA semble se faire sur l'emplacement des lettres (y compris la position P4 contrairement aux S.Or).

Néanmoins, il ne s'agit que d'observations. Il semble difficile de généraliser les résultats à la seule langue des enfants testés puisqu'une forte variabilité caractérise les résultats des enfants S.Or et S.Si. Il est possible que cette variabilité soit liée au niveau de lecture intragroupe. Nous avons également abordé cette variabilité en CP précédemment. Celle-ci peut peut-être s'expliquer par les différents niveaux de lecture des enfants sourds dans leur groupe respectif. Des analyses prenant en compte ce facteur sont nécessaires pour mieux comprendre les compétences des enfants sourds et leurs liens avec la lecture.

ANALYSES II : Comparaisons des performances selon le niveau de lecture

Rappel des hypothèses :

H3 : Exploration de la répartition des lecteurs selon leurs performances en lecture de mots (précision/temps) : nous nous attendons à une répartition inégale entre clusters lecteurs.

H3.1 : Les lecteurs les plus habiles posséderont majoritairement de meilleures performances en CP et EVA par rapport aux lecteurs moins habiles.

H3.2 : Les performances en CP et EVA des lecteurs les plus habiles seront dépendantes de leur groupe : Les E et les S.Or seront performants à la fois en CP et EVA alors que les S.Si seront uniquement performants en EVA.

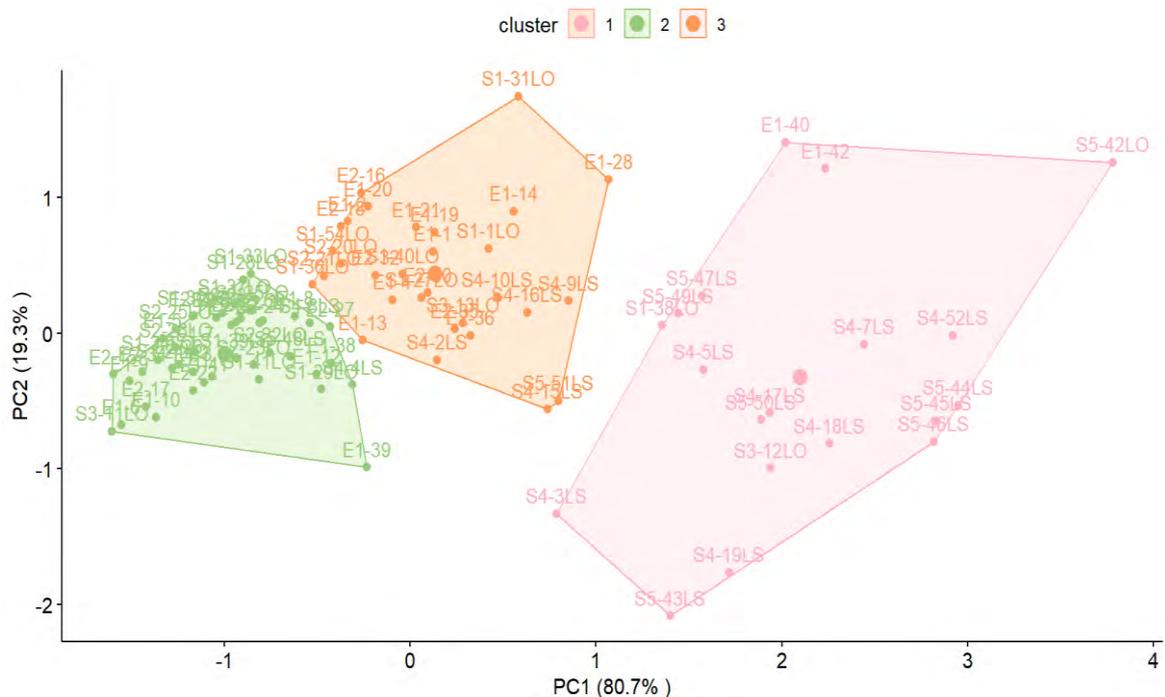
Afin d'explorer les profils de lecteurs de nos participants, nous avons proposé un test de lecture normé chez les enfants entendants, conjointement à notre épreuve de lecture de mots (Test L2MA, Chevrier-Muller et al., 1997). Sur la L2MA, les résultats diffèrent significativement selon les groupes ($H(2)=35.3$, $p<.001$, $\epsilon^2=.3839$). Plus précisément, les scores des enfants S.Si sur la L2MA sont significativement inférieurs respectivement à ceux des E ($W_{(E-S.Si)}=7.92$; $p_{(E-S.Si)}<.001$) et des S.Or ($W_{(S.Or-S.Si)}=6.04$; $p_{(S.Or-S.Si)}<.001$). En revanche, les scores de lecture des enfants E et S.Or ne diffèrent pas significativement ($W_{(E-S.Or)}=3.03$; $p_{(E-S.Or)}=.082$).

En l'absence de tests normés de lecture chez les enfants sourds, cette épreuve de lecture silencieuse de phrases nous paraissait adaptée à l'ensemble de nos participants. Toutefois, les méthodes de lecture strictement visuo-sémantiques dans la population S.Si ne leur permettent pas d'identifier des mots qu'ils n'ont jamais rencontrés. Or, certains participants signants ont évoqué être dans ce cas, durant notre test. L'épreuve proposée était, en définitive, adaptée au niveau de la modalité de passation mais probablement pas au niveau du vocabulaire (5 mots/10 de la L2MA présents dans le lexique des CP-CE1 selon nos tris de mots). Or, comme le précise le DSM-5 (APA, 2015) pour les troubles spécifiques des apprentissages, il est important que les épreuves utilisées soient adaptées « à la langue et à la culture du patient » pour évoquer un « retard ». Enfin, un test de corrélations entre nos épreuves de lecture de mots (scores et temps) et le score brut obtenu LF3 pour chaque groupe sur la L2MA (Annexes 9, section 4) montre de fortes corrélations entre le test créé de lecture de mots et le test normé de la L2MA pour les enfants E (scores : $r=-.751$, $p<.001$) et S.Or (scores : $r=-.772$, $p<.001$) mais une absence de corrélations entre les scores de lecture de mots et ceux de la L2MA pour les S.Si (scores : $r=-.227$, $p=.298$).

Pour ces raisons, nous avons donc décidé, dans cette partie des analyses, de ne pas tenir compte du test de la L2MA pour comparer nos participants en lecture mais uniquement de notre épreuve de lecture de mots (scores et temps). Sur cette base, nous avons procédé à un appariement par une méthode de clustering K-means.

La méthode K-means est une technique de clusterisation fondée sur le calcul de la distance Euclidienne et de la distance par rapport au centroïde des variables ajustées dans l'algorithme. En d'autres termes, elle est utilisée pour partitionner un ensemble de données en K clusters (ou groupes) afin de minimiser la variance au sein de chaque cluster et de maximiser la distance entre les clusters. L'algorithme nous permettait ainsi d'ordonner des groupes de lecteurs similaires sur la base de nos résultats en lecture de mots (performances et vitesse). Comme notre hypothèse prévoyait 3 groupes de lecteurs, nous avons réalisé une clusterisation supervisée sur 3 clusters.. Nous avons, néanmoins, confirmé à posteriori que le nombre de 3 clusters était bien adapté aux variables insérées dans notre clusterisation, via le package R *NbClust* (Charrad et al., 2014) qui permet de déterminer le nombre optimal de clusters.

1. Description des clusters



La clusterisation réalisée aboutit à la création de 3 groupes de lecteurs³⁰ (Fig.32) avec :

- **Le cluster 1** (ou cluster des lecteurs fragiles) regroupe 19 enfants dont les scores en précision sont faibles et la vitesse est lente ($M_{\text{scores}}=24.7/52$; $ET_{\text{scores}}=6.89$ / $M_{\text{temps}}=5593\text{ms}$; $ET_{\text{temps}}=1404\text{ms}$).
- **Le cluster 2** (ou cluster des lecteurs habiles) regroupe 44 enfants dont les scores en précision sont élevés et la vitesse est rapide ($M_{\text{scores}}=48.7/52$; $ET_{\text{scores}}=3.12$ / $M_{\text{temps}}=2638\text{ms}$; $ET_{\text{temps}}=505\text{ms}$).
- Enfin, **le cluster 3** (ou cluster intermédiaire) regroupe 30 enfants dont les scores en précision sont élevés mais la vitesse est lente ($M_{\text{scores}}=44.7/52$; $ET_{\text{scores}}=5.13$ / $M_{\text{temps}}=4377\text{ms}$; $ET_{\text{temps}}=610\text{ms}$).

Ces 3 clusters se différencient significativement, comme attendu, en scores (rcl_tot : $W_{(1-2)}=8.86$; $p_{(1-2)}<.001$ / $W_{(1-3)}=8.07$; $p_{(1-3)}<.001$ / $W_{(2-3)}=-4.97$; $p_{(2-3)}=.001$) et vitesse de lecture de mots (rcl_t_tot : $W_{(1-2)}=-8.62$; $p_{(1-2)}<.001$ / $W_{(1-3)}=-4.96$; $p_{(1-3)}<.001$ / $W_{(2-3)}=10.28$; $p_{(2-3)}<.001$) avec :

cluster 1 < cluster 3 < cluster 2 en précision et en vitesse.

H3 : Exploration de la répartition des lecteurs selon leurs performances en lecture de mots (précision/temps) : nous nous attendons à une répartition inégale dans les clusters lecteurs.

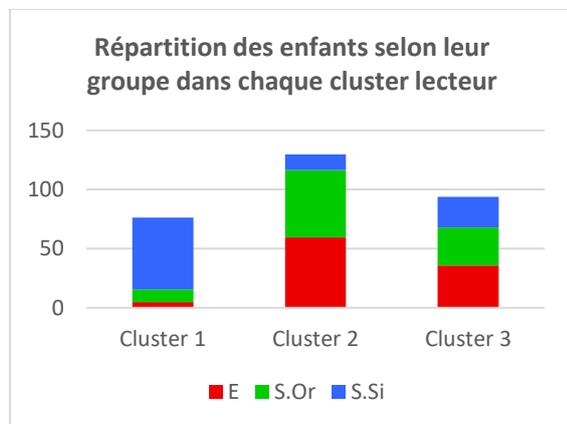


Figure 33 : Répartition en % des participants selon leur groupe linguistique dans chaque cluster lecteur (1 : fragile, 2 : habile, 3 : intermédiaire)

Clusters lecteurs	Cluster 1 (fragile)	Cluster 2 (habile)	Cluster 3 (intermédiaire)
Nombre d'enfants	19	44	30
Distribution langue	14 S.Si*, 3 S.Or, 2 E	25 E*, 16 S.Or, * 3 S.Si	15 E, 9 S.Or, 6 S.Si
Age moyen (mois)	120 (ET=9.8)	123 (ET=10.55)	116 (ET=11.55)
Répartition Classe	42.1% CE2*, 31.6% CM1 26.3% CM2	20.5% CE2 29.5% CM1 50% CM2*	43.3% CE2*, 43.3% CM1* 13.3% CM2

Tableau 18 : Résumé des profils d'enfants dans chaque cluster

³⁰ Les résultats des performances en décision orthographique (scores/52= rcl_tot ; temps en ms= rcl_t_tot) des E, S.Or et S.Si dans chaque cluster lecteurs sont disponibles en Annexe 10, section 2.1.

1.1. Répartition dans les clusters selon la langue

La répartition des participants en fonction de leur groupe linguistique est significativement différente ($\chi^2=32.8$; $p<.001$) (Fig.33 et Tab.18). Les tests post Hoc (vérification de la distribution normale des résidus, calcul des résidus ajustés et comparaison des résidus ajustés (e_i) avec la distribution normale, correction de Bonferroni) indiquent que les écarts entre le nombre attendu des E, S.Or et S.Si dans les clusters 1 ($E_{e_i}=-3.40$; $p<.001$ / $S.Or_{e_i}=-1.53$; $p<.001$ / $S.Si_{e_i}=5.54$; $p<.001$) et 2 ($E_{e_i}=2.14$; $p<.001$ / $S.Or_{e_i}=1.25$; $p<.001$ / $S.Si_{e_i}=-3.79$; $p<.001$) sont significatifs mais pas dans le cluster 3 ($E_{e_i}=.65$; $p=1.00$ / $S.Or_{e_i}=-.02$; $p=1.00$ / $S.Si_{e_i}=-.73$; $p=1.00$). Autrement dit, le cluster 1 est composé significativement de plus d'enfants S.Si qu'attendus et de moins d'enfants E et S.Or qu'attendus. Le cluster 2 est composé significativement de plus d'enfants E et S.Or qu'attendus et de moins d'enfants S.Si qu'attendus. Enfin, dans le cluster 3, le nombre d'enfants E, S.Or et S.Si correspond respectivement au nombre d'individus attendus. Ces résultats suggèrent que, contrairement aux clusters 1 et 2, la répartition des enfants dans le cluster 3 n'est pas influencée par leur profil linguistique. Les résultats indiquent une indépendance entre le profil linguistique et l'appartenance au cluster 3, tandis que les clusters 1 et 2 montrent des associations significatives entre la réussite en lecture de mots et le profil linguistique des enfants.

1.2. Répartition dans les clusters selon les autres variables

La répartition des enfants dans ces différents clusters **selon la classe** montre également des différences significatives ($\chi^2(4)=12.2$; $p=.016$; Fisher Test : $p=.013$) : le cluster 1 (lecteurs fragiles) se compose de plus d'enfants en CE2 (42,1%) que d'enfants des autres niveaux scolaires respectivement. Le cluster 3 (lecteurs intermédiaires) se compose majoritairement et équitablement d'enfants scolarisés en CE2 (43,3%) et CM1 (43,3%) alors que le cluster 2 (lecteurs habiles) se compose majoritairement d'enfants scolarisés en CM2 (50%) et d'enfants en CM1 (29,5%).

De même, la répartition **selon l'âge** montre que le cluster 1 (fragiles lecteurs : 120 mois ; ET=9.8) ne se différencie pas significativement des deux autres clusters ($W_{(1-2)}=1.6$; $p_{(1-2)}=.494$ / $W_{(1-3)}=-1.76$; $p_{(1-3)}=.428$). En revanche, les enfants du cluster 2 (habiles lecteurs : 123 mois ; ET=10.55) sont significativement plus âgés que ceux du cluster 3 (lecteurs intermédiaires : 116 mois ; ET=11.55) ($W_{(2-3)}=-3.75$; $p_{(2-3)}=.022$). Néanmoins, cette différence significative s'efface entre les clusters lorsque nous prenons en compte l'âge comme une variable ordinale (en 5 degrés d'âge) ($\chi^2(6)=12$; $p=.152$; Fisher Test=.148).

Enfin, chaque cluster ne se différencie pas significativement de l'autre en **scores de QI_VS** ni en **scores d'attention soutenue**. En revanche, les scores du cluster 2 (habiles lecteurs) sont significativement supérieurs à ceux du cluster 3 (lecteurs intermédiaires), eux-mêmes significativement supérieurs à ceux du cluster 1 (lecteurs fragiles) en tâche d'orthographe (OrthoG).

2. Description des performances entre clusters

H3.1 : Les lecteurs les plus habiles posséderont majoritairement de meilleures performances en CP et EVA par rapport aux lecteurs moins habiles.

2.1. Performances et temps de réponses en CP entre les clusters

2.1.1. Scores CP entre clusters

Statistiques descriptives

	CL_Lec	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
cp_tot	1	19	0	23.63	21	5.22
	2	44	0	38.02	42.0	8.61
	3	30	0	34.30	36.5	9.88

Tableau 19: Résultats moyens des performances au test de CP entre les 3 clusters lecteurs (/45)

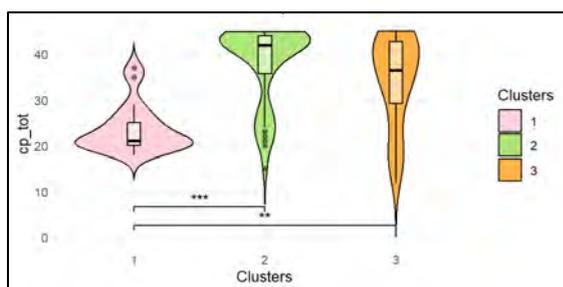


Figure 34 : Scores au test de CP/45 entre les 3 clusters lecteurs

La comparaison des 3 clusters de lecteurs (Tab.19 et Fig.34) indique que les scores en CP (cp_tot) des lecteurs habiles (cluster 2) et intermédiaires (cluster 3) sont significativement supérieurs à ceux des lecteurs fragiles (cluster 1) ($W_{(1-2)}=7.05$; $p_{(1-2)}<.001$; $W_{(1-3)}=4.78$; $p_{(1-3)}=.002$). En revanche, les performances des lecteurs intermédiaires (cluster 3) et habiles (cluster 2) ne se différencient pas significativement ($W_{(2-3)}=-2.88$; $p_{(2-3)}=.103$).

Les lecteurs habiles et intermédiaires sont donc significativement plus performants que les lecteurs fragiles en CP.

2.1.2. Temps de réponse CP entre clusters

Statistiques descriptives

	CL_Lec	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
cp_t_tot	1	19	0	10771	10881	1776
	2	44	0	7415	6624	3098
	3	29	1	9091	8125	3404

Tableau 20: Résultats des temps de réponses moyens/ stimuli au test de CP entre les 3 clusters lecteurs

La comparaison des 3 clusters de lecteurs (Tab.20) en temps de réponses en CP (cp_t_tot) indique que les lecteurs habiles (cluster 2) sont significativement plus rapides que les lecteurs fragiles (cluster 1) ($W_{(1-2)}=-5.87$; $p_{(1-2)} < .001$). En revanche, les lecteurs intermédiaires (cluster 3) ne sont pas significativement plus rapides que les lecteurs fragiles (cluster 1) ($W_{(1-3)}=-3.18$; $p_{(1-3)}=.064$).

Les lecteurs habiles sont donc significativement plus rapides que les lecteurs des autres clusters en CP.

2.2. Performances d'EVA entre les clusters

2.2.1. Scores EVA total /150 entre cluste

Statistiques descriptives

	CL_Lec	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
eva_tot	1	19	0	109.5	111	13.18
	2	44	0	130.4	131.0	11.45
	3	30	0	120.9	123.5	15.86
eva_rg	1	19	0	68.7	69	12.26
	2	44	0	87.1	88.0	12.20
	3	30	0	78.2	77.5	12.57
eva_rp	1	19	0	40.8	40	4.59
	2	44	0	44.4	45.0	4.18
	3	30	0	42.7	43.5	6.34

Tableau 21: Résultats des performances en EVA et aux subtests de Report Global (RG /100) et Partiel (RP/50) entre les 3 clusters lecteurs (eva_tot ; eva_rg ; eva_rp)

En EVA total/150 (Fig.35 et Tab.21), les scores des lecteurs habiles (cluster 2) surpassent significativement ceux des lecteurs intermédiaires (cluster 3) ($t_{(2-3)}=3.01$; $p_{(2-3)}=.009$; $d=.712$) qui eux-mêmes surpassent ceux des lecteurs fragiles (cluster 1) ($t_{(1-3)}=-2.90$; $p_{(1-3)}=.013$; $d=-.852$). Les scores des lecteurs du cluster 2 surpassent également ceux du cluster 1 ($t_{(1-2)}=-5.70$; $p_{(1-2)} < .001$; $d=-1.563$). Cependant, une grande variabilité intersujets est constatable.

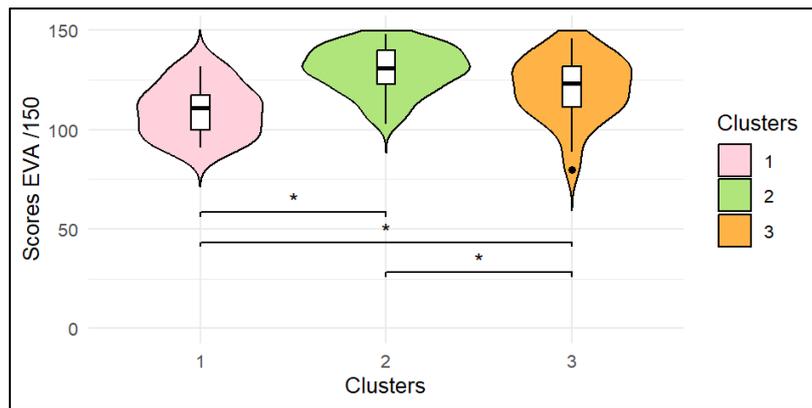


Figure 35 : Scores en EVA total (/150) entre les 3 clusters lecteurs

2.2.2. Etendue moyenne de l'EVA par fixation oculaire dans chaque cluster

L'empan VA total rapporté /5 permet d'avoir une vision plus précise du nombre de caractères moyens perçus en une fixation oculaire simultanément (Tab.22). Les enfants du **cluster 1**, faibles lecteurs, disposent d'un empan VA moyen de **3.65** (ET=.439). Les lecteurs du **cluster 3**, intermédiaires, possèdent un empan VA de **4.03** (ET=.529) et les lecteurs habiles du **cluster 2** possèdent un empan plus large, atteignant **4.35** caractères (ET=.382). Pour rappel, chaque cluster se différencie significativement de l'autre en EVA total, $F(2,90)=16.8$; $p<.001$, à l'avantage du cluster 2 et au détriment du cluster 1.

Statistiques descriptives

	Cluster	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
eva_5	1	19	0	3.65	3.70	0.439
	2	44	0	4.35	4.37	0.382
	3	30	0	4.03	4.12	0.529

Tableau 22 : EVA en scores/5 par cluster lecteurs (1 : fragiles ; 2 : habiles ; 3 : intermédiaires) en EVA total

2.2.3. Scores EVA : RG et RP entre clusters

Les résultats aux subtests de Reports Global (RG/100) et Partiel (RP/50) indiquent que :

Au subtest RG (Fig.36) : les scores des lecteurs habiles (cluster 2) sont significativement plus élevés que ceux des lecteurs intermédiaires (cluster 3) et que ceux des lecteurs fragiles. En revanche, les scores des lecteurs fragiles et intermédiaires (clusters 1 et 3) ne diffèrent pas significativement (Tab.23).

Au subtest RP (Fig.37) : les scores des lecteurs habiles (cluster 2) sont significativement plus élevés que ceux des lecteurs fragiles (cluster 1) mais les lecteurs intermédiaires ne se différencient pas significativement des deux autres clusters. Les résultats des lecteurs des 3 clusters sont soumis à une forte variabilité sur cette tâche notamment dans le cluster 3 qui est le plus hétérogène au niveau des groupes linguistiques (Tab.23).

RG	RP
$W_{(1-2)}=6.50$; $p_{(1-2)}<.001$	$W_{(1-2)}=4.00$; $p_{(1-2)}=.013$
$W_{(1-3)}=3.30$; $p_{(1-3)}=.052$	$W_{(1-3)}=2.91$; $p_{(1-3)}=.099$
$W_{(2-3)}=-3.95$; $p_{(2-3)}=.014$	$W_{(2-3)}=-1.83$; $p_{(2-3)}=.399$

Tableau 23 : Valeurs obtenues au test de comparaison en EVA RG et RP pour les clusters 1-2, 1-3 et 2-3

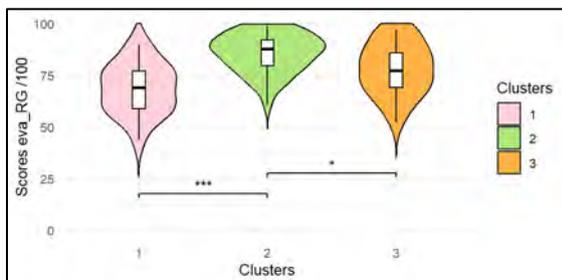


Figure 36 : Scores en EVA RG (/100) entre les 3 clusters lecteurs

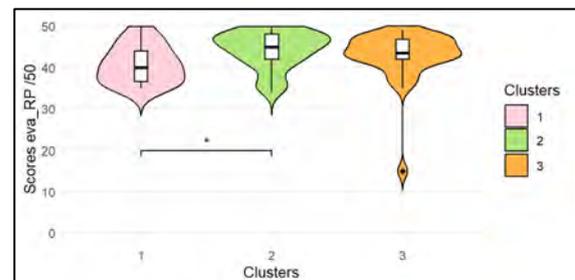


Figure 37 : Scores en EVA RP (/50) entre les 3 clusters lecteurs

En résumé, en EVA total et RG, les lecteurs habiles ont des scores significativement plus élevés que les lecteurs intermédiaires et fragiles. En RP, les lecteurs habiles ont des scores significativement supérieurs à ceux des lecteurs fragiles. Une forte variabilité est constatable dans les clusters de lecteurs, notamment intermédiaires.

2.3. Performances sur les épreuves complémentaires entre les clusters

Quatre épreuves complémentaires ont été ajoutées à nos tests principaux : Mémoire de travail (MW), RAN, Lecture Labiale (LL) (Tab.24) et le niveau de langue majoritaire (Niv_Lang) estimé par les professionnels (Tab.27 et Fig.41).

2.3.1. Performances en Mémoire de travail, RAN et Lecture Labiale entre les clusters

Statistiques descriptives

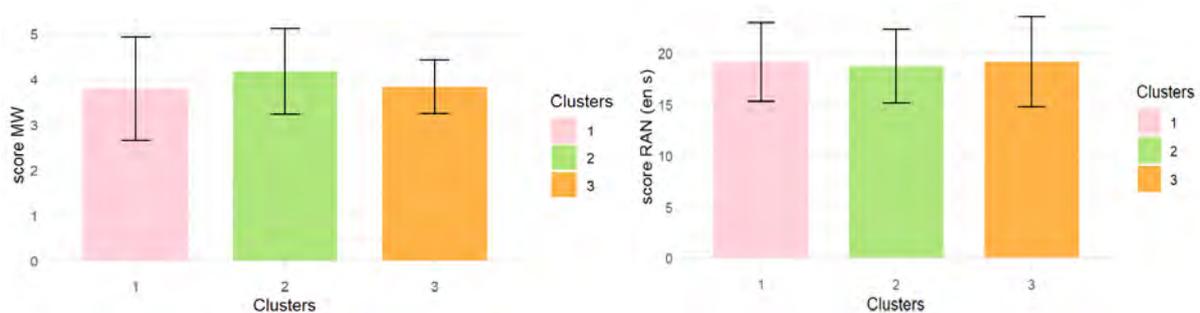
	CL_Lec	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum	Maximum
MW	1	19	0	3.79	3	1.134	3	6
	2	44	0	4.16	4.00	0.939	3	6
	3	30	0	3.83	4.00	0.592	3	5
RAN	1	19	0	19.09	17.25	3.820	14.5	27.2
	2	44	0	18.67	17.68	3.575	13.5	30.1
	3	30	0	19.12	17.57	4.389	12.6	33.1
LL	1	19	0	8.21	3	9.432	0	32
	2	44	0	15.57	12.50	8.883	2	36
	3	30	0	12.83	11.00	6.545	3	27

Tableau 24 : Scores moyens de chaque cluster lecteur en MW, RAN et LL pour les clusters 1, 2, 3

Ni en **MW**, ni en **RAN**, les clusters ne se différencient significativement (Tab.25, Fig.38 et 39).

MW	RAN
$W_{(1-2)}=2.55$; $p_{(1-2)}=.169$	$W_{(1-2)}=-.296$; $p_{(1-2)}=.976$
$W_{(1-3)}=1.66$; $p_{(1-3)}=.467$	$W_{(1-3)}=-.087$; $p_{(1-3)}=.998$
$W_{(2-3)}=-1.91$; $p=.367$	$W_{(2-3)}=.327$; $p=.971$

Tableau 25 : Valeurs obtenues au test de comparaison en Mémoire de travail (MW) et RAN pour les clusters 1-2, 1-3 et 2-3



Figures 38 et 39 : Scores moyens en mémoire de travail (MW) (à gauche) et en RAN (en s) (à droite) de chaque cluster lecteur

En revanche, les clusters présentent des différences significatives (Tab.26) en LL avec des performances supérieures pour les enfants du cluster 2 (lecteurs habiles) par rapport à celles des enfants du cluster 1 (lecteurs fragiles) (Fig.40). A contrario, les lecteurs intermédiaires (cluster 3) ne se différencient pas significativement des deux autres clusters en LL.

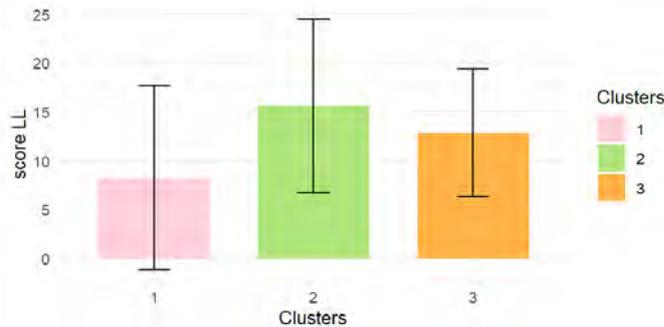


Figure 40: Scores moyens en LL (/50) de chaque cluster lecteur

Lecture labiale (LL)

$W_{(1-2)}=4.08$; $p_{(1-2)}=.011$

$W_{(1-3)}=-3.13$; $p_{(1-3)}=.070$

$W_{(2-3)}=1.44$; $p_{(2-3)}=.568$

Tableau 26 : Valeurs obtenues au test de comparaison en Lecture Labiale (LL) pour les clusters 1-2, 1-3 et 2-3

2.3.2. Niveau de langue estimé entre les clusters

Concernant le **niveau de langue**, il a été estimé à l'aide d'une échelle d'évaluation de la syntaxe et du vocabulaire remplie par des professionnels enseignants et/ou orthophonistes (sur la base de leurs propres tests scolaires ou orthophoniques) déterminant le niveau de langue majoritaire (français oral ou LSF) utilisée par les participants. La moyenne des scores évalués en syntaxe et vocabulaire constitue le score « Niveau de Langue ». Sur les tests de comparaison de clusters, nous avons réduit le score moyen /5 à une échelle ordinale à 3 niveaux pour plus de lisibilité de nos résultats (Peu ou pas de difficultés (1) = scores moyens estimés < 3 ; Difficultés modérées (2) = scores moyens estimés entre 3 et 3.9 et Difficultés importantes (3) = scores moyens estimés entre 4 et 5).

Le cluster 2 (lecteurs habiles) comporte significativement plus d'enfants compétents dans leur première langue (90.9% = Niv 1) que les clusters 1 (lecteurs fragiles) (57.9% = Niv 1) et 3 (lecteurs intermédiaires) (76.7% = Niv 1) ($\chi^2(4)=9.77$; $p=.044$; Fisher Test : $p=.025$) (Tab.27 et Fig.41).

Tables de contingence

CL_Lec		Niv_Lang			Total
		1	2	3	
1	Observé	11	6	2	19
	Attendu	15.1	2.66	1.23	19.0
	% par ligne	57.9%	31.6%	10.5%	100.0%
	% du total	11.8%	6.5%	2.2%	20.4%
2	Observé	40	2	2	44
	Attendu	35.0	6.15	2.84	44.0
	% par ligne	90.9%	4.5%	4.5%	100.0%
	% du total	43.0%	2.2%	2.2%	47.3%
3	Observé	23	5	2	30
	Attendu	23.9	4.19	1.94	30.0
	% par ligne	76.7%	16.7%	6.7%	100.0%
	% du total	24.7%	5.4%	2.2%	32.3%
Total	Observé	74	13	6	93
	Attendu	74.0	13.00	6.00	93.0
	% par ligne	79.6%	14.0%	6.5%	100.0%
	% du total	79.6%	14.0%	6.5%	100.0%

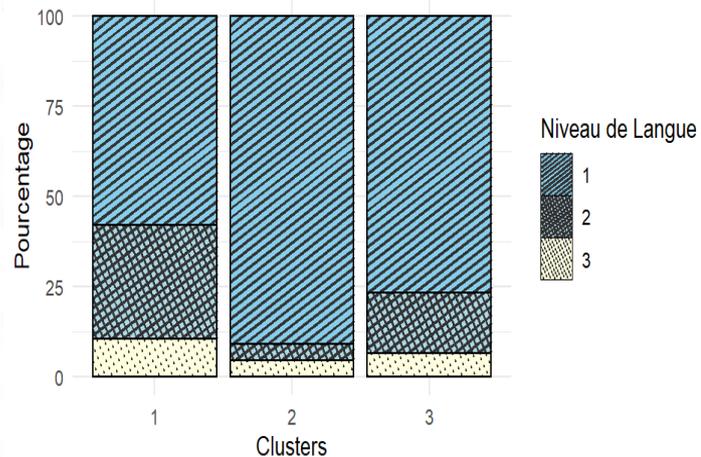


Tableau 27 et Figure 41 : Tableau (à gauche) et Figure (à droite) de la répartition des enfants selon leur cluster d'appartenance et leur niveau de maîtrise de leur langue majoritaire

2.4. Résumé des résultats des comparaisons des clusters lecteurs

Les meilleurs lecteurs (cluster 2) sont majoritairement des E (n=25) et des S.Or (n=16). Il existe également 3 S.Si chez les lecteurs les plus habiles. Leur lecture est caractérisée par une haute précision et une vitesse rapide d'identification des mots par rapport aux deux autres clusters. Ils ont plus d'expérience avec la lecture puisque sont plutôt scolarisés en CM1-CM2 mais ne se différencient pas significativement par leur âge des autres clusters. Ils possèdent, pour la plupart, un bon niveau de L1 estimé par les professionnels (90.9%). Ce sont eux qui ont les meilleures performances en lecture labiale alors qu'aucune différence entre les clusters n'apparaît en mémoire de travail ou RAN.

En Conscience Phonologique, les lecteurs habiles et intermédiaires sont significativement plus performants que les lecteurs fragiles. En outre, les lecteurs habiles sont aussi significativement plus rapides à prendre leur décision sur la rime que les lecteurs des autres clusters.

En Empan Visuo-Attentionnel, les lecteurs habiles ont des scores significativement plus élevés que les lecteurs intermédiaires et fragiles. Ce même pattern de performances est retrouvé en RG. En RP, les lecteurs habiles ont également des scores significativement supérieurs mais uniquement à ceux des lecteurs fragiles. Une forte variabilité est constatable dans les clusters de lecteurs, notamment intermédiaires.

L'objectif de cette série d'analyses était de décrire la population de lecteurs, sans tenir compte de leur profil linguistique. Pour poursuivre l'exploration de ces compétences chez les enfants sourds en fonction de leur niveau de lecture et répondre à nos hypothèses, nous observons ensuite, à l'intérieur de chacun des trois clusters, les différences entre les groupes E, S.Or et S.Si en CP et EVA. Pour assurer ces comparaisons, nous nous sommes aidés d'ANOVA avec correction de Bonferroni quand les conditions le permettaient (ou avec des tests non paramétriques dans le cas contraire). Cependant, compte tenu du faible nombre d'enfants E et S.Or dans le cluster 1 et d'enfants S.Si dans le cluster 2, nous n'avons pas pu appliquer d'analyses comparatives pour ces groupes : nos analyses seront descriptives pour ceux-ci.

3. Description intracluster des groupes E, S.Or et S.Si

H3.2 : Les performances en CP et EVA des lecteurs les plus habiles seront dépendantes de leur groupe : Les E et les S.Or seront performants à la fois en CP et EVA alors que les S.Si seront uniquement performants en EVA.

3.1. Performances et temps de réponses en CP intracluster

La figure 42 présente les scores de CP et temps de réponse en CP pour chacun des clusters selon les participants qui les composent (groupe linguistique). Une grande variabilité caractérise les S.Or, notamment dans le cluster 2 (habiles lecteurs). Les S.Si semblent être les plus faibles dans ce domaine, quel que soit leur cluster d'appartenance. Nous vérifions ces observations à l'aide des comparaisons de groupe (descriptives ou statistiques).

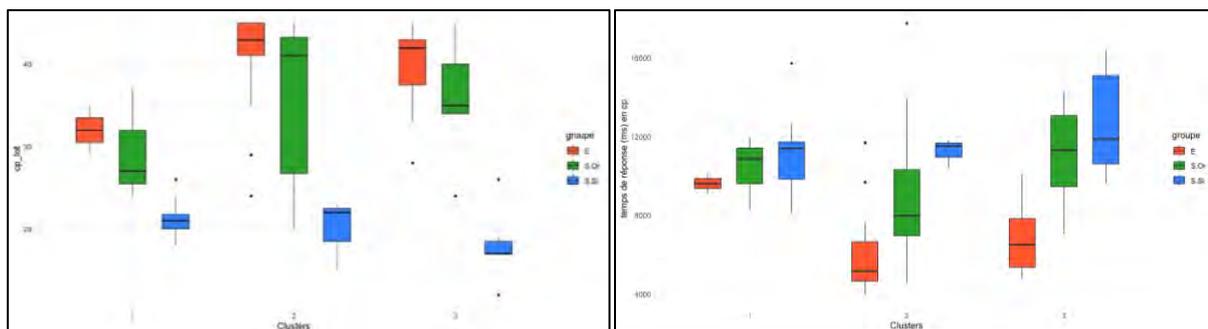


Figure 42 : Scores de CP (/45) (à gauche) et temps de réponse en CP (en ms) (à droite) par groupe dans chaque cluster lecteur

3.1.1. CP dans le cluster 1

Scores Cluster 1 : fragile

Statistiques descriptives

	clusters	groupe	N	Manquants	Moyenne	Médiane
cp_tot	1	E	2	0	32.0	32.0
		S.Si	14	0	21.2	21.0
		S.Or	3	0	29.3	27
cp_t_tot		E	2	0	9613.6	9613.6
		S.Si	14	0	11021.3	11390.9
		S.Or	3	0	10373.2	10881.3

Tableau 28 : Scores CP (/45) et temps (ms) Cluster 1, fragile

Dans le cluster 1 (lecteurs fragiles)³¹ (Tab.28, Fig.43), les scores en CP des **3 S.Or** (M=29.3/45 ; ET= 6.81) semblent proches de ceux des **2 E** (M=32/45 ; ET= 4.24) et supérieurs à ceux des **14 S.Si** (M=21.2/45 ; ET=2.15) mais fortement variables. Seuls deux participants (1 S.Or et 1 E) dépassent le score de **30/45** alors que les autres participants sourds ont un score inférieur.

Temps de réponse CP (Fig.43) :

Dans le cluster 1 (lecteurs fragiles), les temps de réponses en CP (Annexe 10 section 3.1) semblent montrer que les 2 E (M=9614 ms, ET=731 ms) sont plus rapides que les 3 S.Or (M=10373 ms ; ET=1869 ms) et que les S.Si (M=11021 ms ; ET=1865 ms). S.Or et S.Si semblent assez proches dans leurs temps de réponses en CP mais une grande variabilité intersujets est constatée.

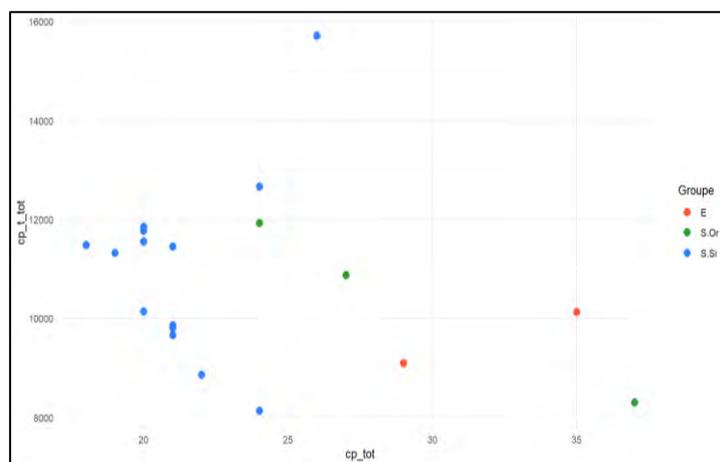


Figure 43 : Scores de CP (/45) et temps de réponse en CP (cp_t_tot, en ms) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 1

³¹ tests statistiques non applicables dans ce cluster.

3.1.2. CP dans le cluster 2

Scores Cluster 2 : habile

Statistiques descriptives

	clusters	groupe	N	Manquants	Moyenne	Médiane
cp_tot	2	E	25	0	41.2	43
		S.Si	3	0	20.0	22
		S.Or	16	0	36.5	41.0
cp_t_tot		E	25	0	5818.8	5182.9
		S.Si	3	0	11227.8	11519.8
		S.Or	16	0	9194.2	7971.2

Tableau 29 : Scores CP (/45) et temps (ms) Cluster 2, habile

Dans le cluster 2 (lecteurs habiles)³² (Fig. 44, Tab.29), les scores des **16 S.Or** (M=36.5/45 ; ET=9.10) et des **3 S.Si** (M=20/45 ; ET=4.36) en CP semblent plus faibles que ceux des **25 E** (M=41.2/45 ; ET=5.22). Néanmoins, E et S.Or ne se différencient pas significativement ($W_{(E_S.Or)}=-2.34$; $p_{(E_S.Or)}=.222$). En réalité, une forte **variabilité** est constatée. Un tiers des S.Or (n=5/16) et 3 enfants S.Si, ont des scores inférieurs à 30/45 (comparables à ceux du cluster 1) bien qu'ils soient des lecteurs habiles.

Temps de réponses en CP (Fig.44) :

Dans le cluster 2 (lecteurs habiles), les temps de réponses en CP semblent montrer que les E (M=5819 ms ; ET=1804 ms) sont plus rapides que les S.Or (M=9194 ms ; ET=3420 ms), eux-mêmes plus rapides que les S.Si (M=11228 ms ; ET=762 ms). En effet, les E sont significativement plus rapides que les S.Or ($w_{(E_S.Or)}=5.18$; $p_{(E_S.Or)}<.001$). Les S.Si semblent les moins rapides pour répondre à cette tâche.

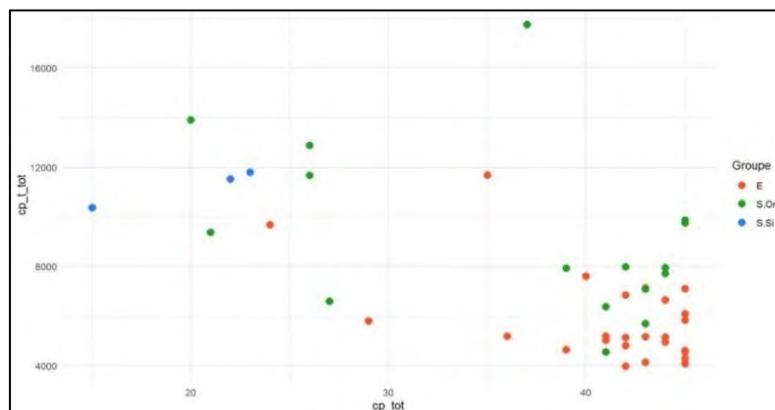


Figure 44 : Scores de CP (/45) et temps de réponse en CP (cp_t_tot, en ms) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 2

³² Tests statistiques applicables entre S.Or et E

3.1.3. CP dans le cluster 3

Scores Cluster 3 : intermédiaire

Statistiques descriptives

	clusters	groupe	N	Manquants	Moyenne	Médiane
cp_tot	3	E	15	0	39.7	42
		S.Si	6	0	18.0	17.0
		S.Or	9	0	36.2	35
cp_t_tot		E	15	0	6630.7	6517.0
		S.Si	6	0	12680.5	11866.2
		S.Or	8	1	11010.3	11307.4

Tableau 30 : Scores CP (/45) et temps (ms) Cluster 3, intermédiaire

Dans le cluster 3 (intermédiaire) (Fig.45, Tab.30), les scores de CP des **E** (M=39.7/45 ; ET=4.98) et des **S.Or** (M=36.2/45 ; ET=6.30) sont significativement plus élevés que ceux des **S.Si** (M=18/45 ; ET=4.56) ($t_{(E_S.Si)}=8.41$; $p<.001$; $d=4.06$; / $t_{(S.Or_S.Si)}=6.48$; $p<.001$; $d=3.415$). En revanche, les scores des S.Or ne se différencient pas de ceux des E ($t_{(E_S.Or)}=1.53$; $p=.412$; $d=.645$).

Temps de réponses en CP (Fig.45) :

Dans le cluster 3 (intermédiaire) (Fig.45), les temps de réponse des E (M=6631 ms ; ET=1601 ms) sont significativement plus rapides que ceux des S.Or (M=11010 ms ; ET=2665 ms) et des S.Si (M=12680 ms ; ET=2872 ms) ($t_{(E_S.Or)}=-4.53$; $d=-1.983$; $p<.001$ / $t_{(E_S.Si)}=-5.63$; $d=-2.739$; $p<.001$). Les deux groupes S.Or et S.Si ne se différencient pas significativement ($t_{(S.Or_S.Si)}=-1.4$; $d=-.756$; $p=.52$).

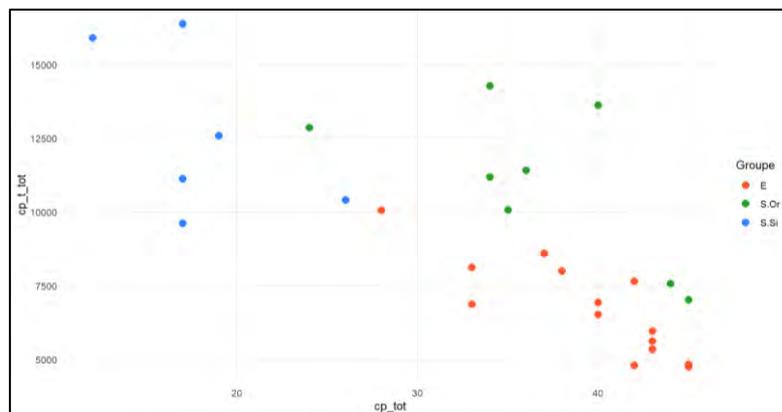


Figure 45 : Scores de CP (/45) et temps de réponse en CP (cp_t_tot, en ms) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 3

En résumé, dans le cluster 1 (lecteurs fragiles), les 2 E semblent proches des 3 S.Or en scores de CP mais plus rapides qu'eux en temps de réponse. E et S.Or paraissent plus performants en CP (scores et temps) que les S.Si.

Dans le cluster 2 (lecteurs habiles), les S.Si ont des scores et temps en CP plus chutés que les E et S.Or. Les scores des E et S.Or ne se différencient pas, mais les E sont plus rapides en temps de réponse que les S.Or.

Dans le cluster 3 (lecteurs intermédiaires), les scores de CP des E ne se différencient pas de ceux des S.Or mais E et S.Or ont des scores plus élevés que ceux des S.Si. Les E sont plus rapides en tâche de CP que les S.Or, eux-mêmes plus rapides que les S.Si.

3.2. Performances d'EVA intracluster

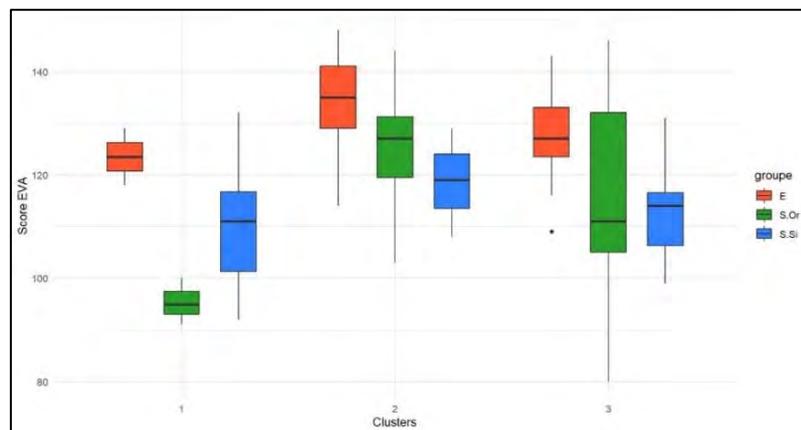


Figure 46 : Scores EVA total (/150) par groupe dans chaque cluster lecteur

La figure 46 présente les scores d'EVA total pour chaque groupe à l'intérieur de chaque cluster. Une plus grande variabilité des scores des S.Or est observable dans le cluster 3 et des S.Si dans le cluster 1. Nous vérifions ces observations à l'aide des comparaisons de groupe (descriptives ou statistiques).

3.2.1. EVA dans le cluster 1

Scores EVA total, RG et RP

Statistiques descriptives

	groupe	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
eva_tot	E	2	0	123.5	123.5	7.78
	S.Or	3	0	95.3	95	4.51
	S.Si	14	0	110.6	111.0	12.45
eva_rg	E	2	0	83.5	83.5	9.19
	S.Or	3	0	57.7	56	3.79
	S.Si	14	0	69.0	69.0	11.73
eva_rp	E	2	0	40.0	40.0	1.41
	S.Or	3	0	37.7	38	2.52
	S.Si	14	0	41.6	42.0	5.00

En **EVA total** (Tab.31), dans le cluster 1 (lecteurs fragiles), les **S.Si** (M=110.6 ; ET=12.45) semblent avoir des scores d'EVA supérieurs à ceux des 3 **S.Or** (M=95.3 ; ET=4.51) mais inférieurs à ceux des 2 **E** (M=123.5 ; ET=7.78).

Tableau 31 : Scores Cluster 1, fragile (EVA total, RG et RP)

Scores RG et RP (Fig.47) :

Les résultats aux subtests de Reports Global (RG) et Partiel (RP) sont soumis à une forte variabilité et indiquent que :

-Au subtest **RG** : les scores des 2 **E** (M=83.5 ; ET=9.19) semblent supérieurs à ceux des **S.Si** (M=69.0 ; ET=11.73), eux-mêmes supérieurs à ceux des 3 **S.Or** (M=57.7 ; ET=3.79).

-Au subtest **RP** : les scores des 2 **E** (M=40.0 ; ET=1.41) et des **S.Si** (M=41.6 ; ET=5.00) sont proches et semblent légèrement plus élevés que ceux des 3 **S.Or** (M=37.7 ; ET=2.52). Toutefois, les scores des **S.Si** sont très variables selon les individus.

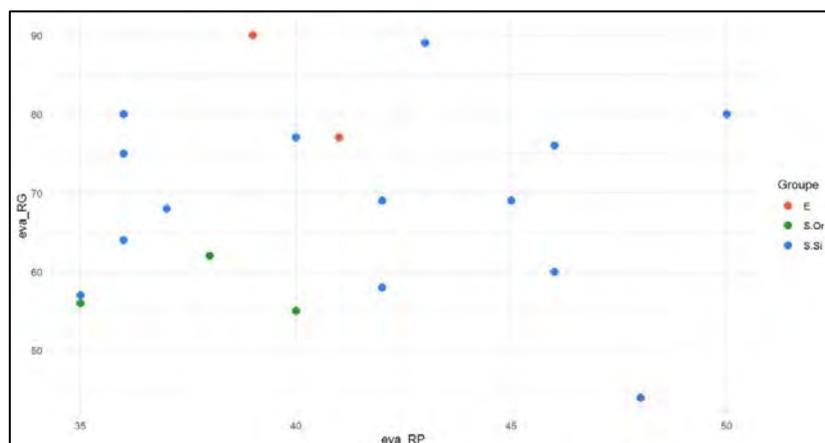


Figure 47 : Scores d'eva_RG (/100) et d'eva_RP (/50) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 1

3.2.2. EVA dans le cluster 2

Scores EVA total, RG et RP

Statistiques descriptives						
	groupe	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
eva_tot	E	25	0	134.5	136	9.76
	S.Or	16	0	126.2	129.0	11.58
	S.Si	3	0	118.7	119	10.50
eva_rg	E	25	0	91.2	90	12.41
	S.Or	16	0	83.5	83.5	8.95
	S.Si	3	0	72.3	74	10.60
eva_rp	E	25	0	45.3	46	3.58
	S.Or	16	0	42.7	42.5	4.91
	S.Si	3	0	46.3	47	1.15

En **EVA total** (Tab.32), dans le cluster 2 (lecteurs habiles), les **S.Si** (M=118.7 ; ET=10.50) semblent avoir des scores d'EVA inférieurs à ceux des **S.Or** (M=126.2 ; ET=11.58) et des **E** (M=134.5 ; ET=9.76). Les scores des S.Or, bien que plus bas que ceux des E, ne se différencient pas significativement de ceux des E ($t_{(E-S.Or)}=2.48$; $p_{(E-S.Or)}=.052$; $d_{(E-S.Or)}=.794$).

Tableau 32 : Scores Cluster 2, habile (EVA total, RG et RP)

Scores RG et RP (Fig.48) :

Les résultats aux subtests de Reports Global (RG) et Partiel (RP) indiquent que :

-Au subtest **RG** : les scores des E (M=91.2 ; ET=12.41) semblent supérieurs à ceux des S.Or (M=83.5 ; ET=8.95), eux-mêmes supérieurs à ceux des 3 S.Si (M=72.3 ; ET=10.60). Toutefois, les scores des E et S.Or ne se différencient pas significativement ($w_{(E-S.Or)}=-3.03$; $p_{(E-S.Or)}=.082$).

-Au subtest **RP** : les scores des E (M=45.3 ; ET=3.58) et des 3 S.Si (M=46.3 ; ET=1.15) semblent proches et légèrement plus élevés que ceux des S.Or (M=42.7 ; ET=4.91). Les scores des E et S.Or ne se différencient pas significativement ($w_{(E-S.Or)}=-2.297$; $p_{(E-S.Or)}=.236$).

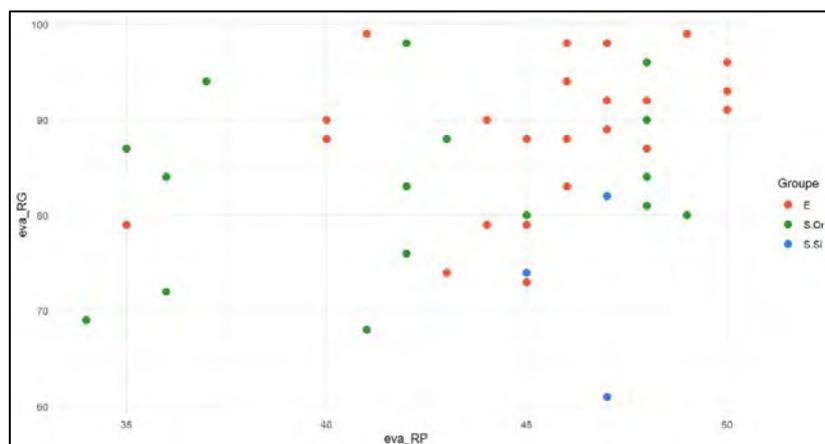


Figure 48 : Scores d'eva_RG (/100) et d'eva_RP (/50) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 2

3.2.3. Dans le cluster 3

Scores EVA total, RG et RP :

Statistiques descriptives						
	groupe	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
eva_tot	E	15	0	128.1	127	9.830
	S.Or	9	0	114.1	111	21.717
	S.Si	6	0	113.2	114.0	11.143
eva_rg	E	15	0	84.1	85	9.234
	S.Or	9	0	73.4	69	14.432
	S.Si	6	0	70.3	71.0	11.147
eva_rp	E	15	0	43.9	45	3.807
	S.Or	9	0	40.7	45	10.595
	S.Si	6	0	42.8	43.0	0.753

Tableau 33 : Scores Cluster 3, intermédiaire (EVA total, RG et RP)

En **EVA total** (Tab.33), dans le cluster 3 (lecteurs intermédiaires), les 3 groupes **E** (M=128; ET=9.83), **S.Si** (M=113.1; ET=11.14) et **S.Or** (M=114.1; ET=21.72) ne se différencient pas significativement ($t_{(E_S.Or)}=2.26$; $p=.094$ et $d=.956$ / $t_{(E_S.Si)}=2.11$; $p=.132$ et $d=1.021$ / $t_{(S.Or_S.Si)}=.123$; $p=1.00$ et $d=.064$). Cette absence de différence peut être liée à une forte variabilité des résultats.

Scores RG et RP (Fig.49) :

Les résultats aux subtests de Reports Global (RG) et Partiel (RP) indiquent que (Fig.47) :

-Au subtest **RG** : les scores des E (M=84.1 ; ET=9.23) semblent supérieurs à ceux des S.Or (M=73.4 ; ET=14.43), eux-mêmes supérieurs mais proches de ceux des S.Si (M=70.3 ; ET=11.14). Toutefois, les scores des trois groupes ne se différencient pas significativement ($t_{(E_S.Or)}=2.233$; $p_{(E_S.Or)}=.102$; $d_{(E_S.Or)}=.941$ / $t_{(E_S.Si)}=2.516$; $p_{(E_S.Si)}=.054$; $d_{(E_S.Si)}=1.215$ / $t_{(S.Or_S.Si)}=.520$; $p_{(S.Or_S.Si)}=1.00$; $d_{(S.Or_S.Si)}=.274$).

-Au subtest **RP** : les scores des E (M=43.9 ; ET=3.807) et des S.Si (M=42.8 ; ET=0.753) semblent proches et légèrement plus élevés que ceux des S.Or (M=40.7 ; ET=10.595). Les scores des trois groupes ne se différencient pas significativement ($W_{(E_S.Or)}=-.381$; $p_{(E_S.Or)}=.961$ / $W_{(E_S.Si)}=-1.555$; $p_{(E_S.Si)}=.515$ / $W_{(S.Or_S.Si)}=-.672$; $p_{(S.Or_S.Si)}=.883$). Un S.Or possède des scores RP particulièrement faibles.

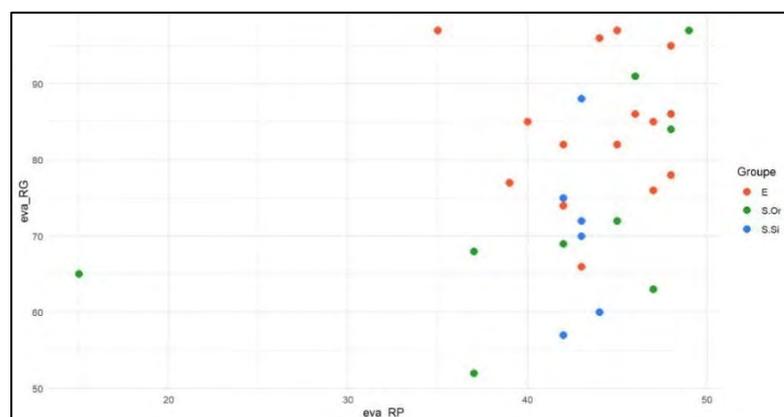


Figure 49 : Scores d'eva_RG (/100) et d'eva_RP (/50) de chaque individu selon son groupe dans le cluster 3

Les scores par positions en RG et RP des enfants E, S.Or et S.Si du cluster 1, 2, 3 sont disponibles en Annexe 10, section 3.2.

Nos résultats descriptifs semblent montrer des performances supérieures chez les lecteurs les plus habiles, en CP et EVA, par rapport aux lecteurs les plus fragiles. Néanmoins, une importante variabilité selon le profil linguistique est constatable :

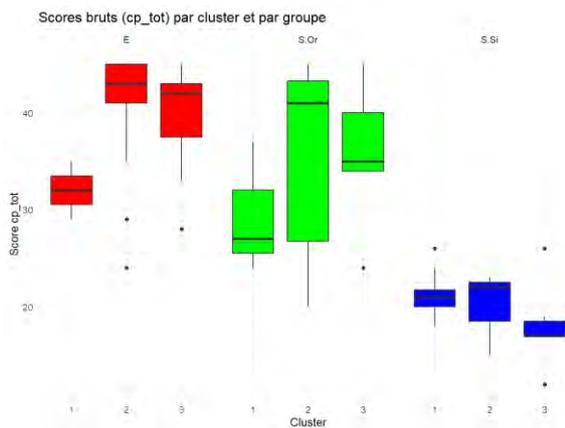


Figure 50 : Score de CP (*cp_tot*) des E, S.Or et S.Si dans chaque cluster lecteur

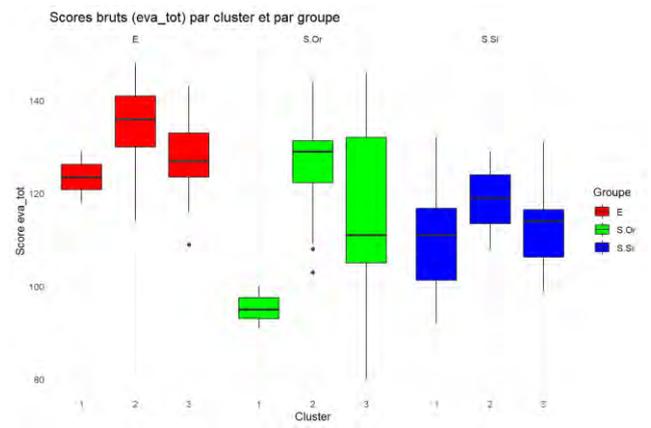


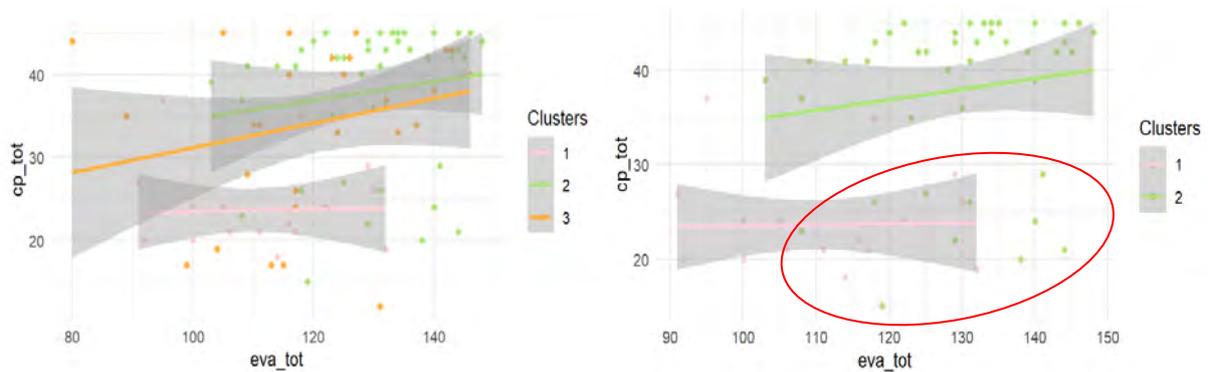
Figure 51: Scores d'EVA total (*eva_tot*) des E, S.Or et S.Si dans chaque cluster lecteur

- Les E ont des scores plus élevés que leurs pairs S.Si en CP mais proches des S.Or (Fig.50).
- Les E ont des scores plus élevés que leurs pairs S.Si en EVA mais proches des S.Or (Fig.51).
- Les scores en EVA RP des lecteurs les plus habiles semblent équivalents entre les 3 groupes E, S.Or et S.Si. En revanche, en EVA RG, les enfants E et S.Or semblent obtenir des scores supérieurs à leurs pairs S.Si.

Pour mieux comprendre la variabilité des résultats en CP ou EVA dans le cluster des lecteurs les plus habiles, nous centrons notre propos sur les lecteurs de ce cluster, selon leur profil linguistique.

3.3. Performances couplées de CP et d'EVA dans le cluster 2

L'observation de la répartition des individus dans le cluster 2 (lecteurs habiles) selon leurs performances combinées de CP et d'EVA indique une grande variabilité des scores et dessine en définitive deux sous-groupes (Fig.52 et 53).



Figures 52 et 53 : Répartition des lecteurs des clusters 1, 2, 3 selon leurs performances en CP et EVA (à gauche) et Répartition des lecteurs des clusters 1, 2 (pour plus de lisibilité) selon leurs performances en CP et EVA (à droite) avec les 10 lecteurs du cluster 2 aux faibles performances en CP (points verts dans le cercle rouge)

Un premier sous-groupe (n=34) au profil « classique » de lecteur possède des scores élevés à la fois en CP et en EVA. Un second sous-groupe (n=10) présente des scores faibles en CP mais des scores relativement élevés en EVA (un lecteur S.Si fait exception car il ne possède ni des scores de CP, ni d'EVA élevés). Ce sous-groupe aux performances faibles en CP mais toutefois bon lecteur est constitué des 3 enfants S.Si, de 1/3 des S.Or (n=5) et de 2 E. Ainsi, ces 10 lecteurs habiles (soit 22.7%) possèdent des scores moyens de réussite en CP (M=23.3 ; ET=4.06) significativement inférieurs (W=6.78 ; p<.001) à ceux des autres lecteurs de leur cluster (M=41.3 ; ET=4.9). En revanche, les scores d'EVA de ces 10 lecteurs habiles (M=129.8 ; ET=11.36) ne se différencient pas significativement (W=.456 ; p=.747) de ceux des autres lecteurs habiles de leur cluster (M=130.6 ; ET=11.64).

4. Discussion intermédiaire

Réponse H3 : Exploration de la répartition des lecteurs selon leurs performances en lecture de mots (précision/temps)

Résultats : Comme nous nous y attendions, nous trouvons une répartition inégale des enfants selon leur groupe au sein des clusters de lecteurs. Le degré de variabilité de la population dans les clusters confirme cependant partiellement cette hypothèse.

Le premier résultat saillant de cette analyse par clusterisation concerne la répartition majoritaire des enfants entendants (E) dans le cluster des lecteurs habiles (cluster 2) et celle des enfants sourds signants (S.Si) dans le cluster des lecteurs fragiles (cluster 1). En revanche, les enfants sourds oralisants (S.Or), à l'instar des enfants entendants, se trouvent principalement et de manière significative dans le cluster des lecteurs habiles (cluster 2), plutôt que dans celui des lecteurs intermédiaires (cluster 3). Ce cluster des lecteurs intermédiaires regroupe un ensemble hétérogène d'enfants pour lesquels

aucune relation significative n'apparaît entre le profil linguistique et l'appartenance à ce cluster de lecteurs (cluster 3).

Des études antérieures corroborent ces observations, montrant que certains enfants S.Or se situent au niveau de leurs pairs entendants en lecture de mots (Geers, 2003; Mathews & O'Donnell, 2020; Wass et al., 2010) ou bien soulignent une forte variabilité dans les résultats de lecture des enfants S.Or (Geers & Hayes, 2011). Par conséquent, notre hypothèse de répartition des lecteurs semble partiellement confirmée : les enfants S.Si obtiennent globalement de moins bons résultats, les enfants entendants se montrent globalement plus performants, tandis que les S.Or forment une population aux scores plus variables. Environ 57 % des enfants S.Or de notre étude apparaissent comme des lecteurs performants en termes de précision et de vitesse, un résultat en accord avec l'étude de Geers et Hayes (2011), qui indiquait que 60 % des enfants sourds oralisants étaient de bons lecteurs. Cependant, dans cette même étude, 40 % des enfants sourds se révélaient être de faibles lecteurs, avec des difficultés principalement attribuées à la conscience phonologique (CP). Au regard de nos résultats, nous nous interrogeons sur le poids systématique et unique de la CP : certains lecteurs habiles ont des scores faibles en CP, certains lecteurs fragiles ou intermédiaires ont des scores élevés en CP. Cette habileté est d'ailleurs considérée, par certaines recherches en surdité, comme moins prédictive que d'autres facteurs (e.g. lecture labiale, vocabulaire ou RAN) (Couvee et al., 2023; Harris et al., 2017).

Toutefois, la variabilité obtenue dans notre étude demanderait des explorations supplémentaires car nous ne nous sommes intéressés qu'à la lecture de mots. La lecture de phrases ou textes pourrait être mieux réussie par certains enfants lorsqu'ils ont la capacité de s'appuyer sur le contexte.

hypothèse H3.1 : CP, EVA et performance en lecture

Résultats : comme nous le supposions, les lecteurs les plus habiles possèdent majoritairement de meilleures performances en CP et EVA par rapport aux lecteurs moins habiles.

Nos résultats sont globalement cohérents avec la littérature scientifique puisque sont retrouvées de meilleures performances de CP chez les meilleurs lecteurs et de meilleures performances d'EVA chez les meilleurs lecteurs.

Plus précisément, **en CP**, les lecteurs habiles (cluster 2) ont des scores significativement plus élevés que les lecteurs fragiles (cluster 1), ce qui est cohérent avec les études montrant le pouvoir prédictif de la CP sur la lecture de mots (Caravolas et al., 2012; Catts et al., 2015; Clayton et al., 2020; Hirshorn et al., 2015; Hulme et al., 2002; Melby-Lervåg et al., 2012; Wagner & Torgesen, 1987). En revanche,

leurs scores ne se différencient pas significativement de ceux des lecteurs intermédiaires (cluster 3). En temps de réponse en CP, les lecteurs habiles (cluster 2) répondent significativement plus rapidement que les enfants des deux autres clusters. Ainsi, la vitesse de traitement de la rime pourrait expliquer la différence entre les enfants du cluster 2 (habiles) et 3 (intermédiaires) en CP. Cependant, seul le score de CP est habituellement mesuré dans les études et nous n'avons pas de données sur l'implication de la vitesse en conscience phonologique. Comme évoqué précédemment, chez les enfants sourds, Klein et al. (2023) notent des délais de réponses allongés pour la décision lexicale de mots à l'oral avec de fortes hésitations entre mots rimants et Herran et al. (2023) indiquent des temps de traitement auditif significativement plus longs chez les enfants sourds pour accéder à la mémoire tampon. Or, la vitesse d'un traitement cognitif peut médier la relation entre la mémoire de travail ou la conscience phonologique et lecture chez des élèves entendants présentant des troubles de la lecture (Moshtaghy Sharifzadeh et al., 2021). Comme une vitesse accélérée témoigne de processus plus automatiques, il est donc possible que ce temps de traitement en conscience phonologique puisse être une variable qui différencie les lecteurs habiles des lecteurs intermédiaires, alors que ce sont à la fois, le score et le temps qui différencieraient mieux les lecteurs habiles des lecteurs fragiles.

En EVA, les lecteurs habiles (cluster 2) ont des scores d'EVA total significativement supérieurs à ceux des lecteurs intermédiaires (cluster 3) qui eux-mêmes ont des scores significativement plus élevés que ceux des lecteurs fragiles (cluster 1). Si on observe les scores par condition, en RG, les lecteurs habiles (cluster 2) possèdent des scores significativement supérieurs à ceux des lecteurs fragiles et intermédiaires (cluster 1 et 3). Ces lecteurs fragiles et intermédiaires ne se différencient pas significativement. En RP, les lecteurs habiles (cluster 2) possèdent des scores significativement supérieurs à ceux des lecteurs fragiles (cluster 1).

Ces patterns de performances correspondent aux données de la littérature scientifique sur les liens entre EVA et lecture (Bosse et al., 2009; Bosse & Valdois, 2009; Ginestet et al., 2020b). La caractéristique du cluster 3 par rapport au cluster 2 est la vitesse de lecture particulièrement ralentie. Or, une augmentation d'une lettre identifiée en empan visuel augmente la vitesse de lecture de 40% (Legge et al., 2007). De ce fait, les performances d'EVA supérieures dans le cluster 2 par rapport au cluster 3 pourraient expliquer que les lecteurs habiles soient plus rapides que les lecteurs intermédiaires. L'étude de Bosse et Valdois (2009) montrait que l'EVA passait ainsi de 3,5 à 4,3 caractères en moyenne entre le CE2 et le CM2 chez les normo-lecteurs. Lorsque nous observons le score d'EVA total/5 dans notre étude, nos résultats sont tout à fait similaires à la littérature scientifique puisque les lecteurs du cluster 2 (majoritairement en CM2) atteignent un empan VA total de 4.35 éléments ($ET=.382$), ceux du cluster 3 atteignent un empan total de 4.03 éléments mais l' $ET=.529$ est plus élevé. Cela signifie une grande variabilité des scores. La différence entre chaque cluster est

significative ($F(2,90)=16.8$; $t=3.01$; $p=.009$), y compris entre les clusters 2 et 3. De ce fait, on peut penser qu'un empan moyen strictement supérieur à un seuil donné (encore difficile à définir mais au-dessus de 4 probablement) pourrait favoriser la vitesse de lecture et marquer la différence entre lecteurs habiles et intermédiaires. Il conviendrait de préciser ce seuil néanmoins à travers d'autres études couplant EVA, mesure de compétences en lecture et temps de fixation oculaire ou au nombre de refixations.

En résumé, nous supposons que l'EVA et la CP jouent ensemble un rôle puisque les lecteurs les plus habiles ont les scores les plus élevés dans ces deux domaines et les lecteurs les plus fragiles, les compétences les plus faibles. La vitesse de traitement phonologique et l'augmentation de l'EVA pourraient peut-être particulièrement mieux expliquer les différences entre le cluster intermédiaire (cluster 3) et le cluster habile (cluster 2).

Hypothèse H3.2 : relation entre CP et EVA, performance en lecture et langue

Résultats : Nous prévoyions que les performances en CP et EVA des lecteurs les plus habiles seraient dépendantes de leur groupe. Les E et les S.Or seraient performants à la fois en CP et EVA alors que les S.Si seraient uniquement performants en EVA. Cette hypothèse nous semble probable pour les S.Si mais l'échantillon réduit et la forte variabilité chez les S.Or invite à nuancer les résultats concernant les enfants sourds signants, oralisants et entendants.

En CP, chez les lecteurs habiles (cluster 2), les scores des S.Or et E ne se différencient pas significativement mais semblent supérieurs à ceux des S.Si (proches de ceux du cluster 1, fragiles lecteurs). Une observation des résultats individuels suggère une forte variabilité marquée par des scores pour 2/3 des S.Or ($n=11$) comparables à ceux des E. En revanche, les scores obtenus par 1/3 des S.Or ($n=5$) sont comparables à ceux des S.Si de leur cluster et aux S.Si du cluster 1 (fragiles lecteurs). Concernant les temps de réponses en CP dans le cluster 2, les réponses des E sont significativement plus rapides que celles des S.Or. Celles des E et des S.Or paraissent également plus rapides que celles des S.Si.

En EVA, chez les lecteurs habiles du cluster 2, les scores d'EVA total des E et S.Or ne se différencient pas significativement mais semblent légèrement supérieurs à ceux des 3 S.Si. L'écart entre E et S.Or est important et non significatif. Il est donc difficile de dire sans test statistique (inapplicable à 3 enfants S.Si) si l'écart qui sépare leurs scores de ceux des S.Or est révélateur d'une différence ou si les S.Si habiles lecteurs ne se différencient pas, en EVA, des E et S.Or de même niveau de lecture.

En RG, dans le cluster 2, E et S.Or ne se différencient pas significativement et semblent posséder des scores légèrement supérieurs à ceux des S.Si. En RP, en revanche, il est fort probable que les S.Si ne se différencient pas des autres groupes. En effet, les scores bruts montrent que les résultats des E sont supérieurs à ceux des S.Si, eux-mêmes supérieurs à ceux des S.Or. Comme E et S.Or ne se différencient pas significativement, il semble hautement probable que les scores de RP des S.Si ne se différencient pas non plus de ceux des autres enfants de ce cluster.

Les S.Si lecteurs habiles utilisent seulement l'EVA :

En considérant le sous-groupe des 10 enfants lecteurs habiles (cluster 2) aux faibles compétences de CP (dont font partie les 3 enfants S.Si), nous observons que leur score d'EVA ne se différencie pas significativement du reste du cluster 2. De ce fait, il est plausible que les enfants S.Si lecteurs habiles ne s'appuient pas sur la conscience phonologique (McQuarrie & Parrila, 2009) mais probablement plus sur l'EVA.

En effet, parmi ces 10 enfants, deux sont sourds signants natifs (2 parents sourds) et l'autre précoce, non natif (2 parents entendants). Il est intéressant de constater que les trois enfants signants ont des scores faibles en conscience phonologique (15, 22 et 23/45). Cependant, seul un des trois enfants, le seul sourd signant non natif, améliore ses scores en condition labiale (CPn=5/15 ; CPI=10/15), les autres non. Sur les pseudomots, les deux sourds natifs échouent plus (8/20 et 6/20) que l'enfant sourd non natif (12/20). De même, les deux enfants sourds LSF natifs commettent peu d'erreurs mais plus souvent des erreurs NPPL (8 et 5/52) que PPL (2 et 1/52). L'enfant sourd LSF précoce commet presque autant d'erreurs PPL (2/52) que NPPL (3/52). Dans tous les cas, l'accès phonologique est faible bien que possiblement plus élevé chez l'enfant sourd non natif que chez ses pairs sourds natifs. Leurs erreurs en lecture témoignent probablement ainsi d'une activation orthographique plus que phonologique. Or, l'activation orthographique est reliée, selon le modèle BRAID-Acq (Steinhilber, 2023), au déploiement d'une quantité d'attention sur l'ensemble de la chaîne de caractères. Les enfants S.Si de ce cluster ont un score d'EVA inférieur à celui relevé en CM2 chez les tout-venant, s'élevant à 4,3 caractères en moyenne (Bosse & Valdois, 2009). Néanmoins, ces 3 enfants ne sont pas tous en CM2. L'un est en CM1 et l'autre en CE2. Ces différents constats nous amènent à penser qu'ils utiliseraient peu ou pas leur conscience phonologique pour lire mais peut-être plus leur EVA, et plus particulièrement, le RP très élevé (45/50 ; 47/50 et 47/50). Ces résultats semblent aller dans le sens de notre hypothèse : les enfants S.Si utiliseraient préférentiellement l'EVA. Cette tendance reste néanmoins à confirmer sur une plus large population de lecteurs habiles S.Si.

Les E et S.Or lecteurs habiles utilisent l'EVA et la CP :

Les enfants E obtiennent des scores plafond en CP. Ils accèdent donc très aisément à cette compétence (Melby-Lervåg et al., 2012). Les enfants S.Or ont également des scores élevés dans ce domaine mais une grande variabilité caractérise ce groupe (dont 5 enfants ont une plus faible maîtrise de la CP) (Geers & Hayes, 2011). En effet, 5 enfants S.Or mais aussi 2 enfants E ont de faibles compétences en CP tout en étant des lecteurs performants. De même pour l'EVA, certains lecteurs habiles ont un EVA réduit.

De ce fait, même si pour une majorité de lecteurs habiles, il est vrai qu'à la fois la CP et l'EVA sont élevés, ce n'est pas vrai pour tous. D'autres compétences pourraient donc aussi expliquer la réussite de certains enfants sourds et entendants : RAN, vocabulaire, mémoire de travail (Couvee et al., 2023 ; Killingly et al., 2024 ; Landerl et al., 2019 ; Peng et al., 2018).

Nous ne pouvons pas valider en l'état notre hypothèse proposant que les lecteurs les plus habiles E et les S.Or aient de meilleures performances à la fois en EVA et en CP puisqu'une grande variabilité touche leurs scores. Certains bons lecteurs S.Or et E ont de faibles capacités en CP notamment mais il existe aussi une variabilité en EVA. Nous suggérons également dans notre hypothèse que les S.Si habiles lecteurs auraient tous un EVA performant en l'absence de CP développée. Sur ce point, nous avons montré que les 3 enfants S.Si habiles lecteurs possédaient de très faibles compétences de CP et leur EVA RP est particulièrement élevé alors que l'EVA RG est plus chuté. Nous devrions poursuivre cette étude sur une plus large population d'habiles lecteurs pour mieux comprendre les différences entre enfants sourds S.Si, S.Or et entendants au niveau visuel simultané.

Il ne s'agit néanmoins que de suppositions à partir des données de répartition des clusters. Elles ne permettent pas d'établir un lien causal entre EVA, CP et lecture de mots, ni d'estimer le poids de ces facteurs sur l'identification de mots écrits. Pour répondre notre dernière hypothèse et établir ces liens, nous réaliserons des corrélations et des régressions linéaires.

ANALYSES III : Poids des variables CP et EVA sur l'identification de mots

Rappel de l'hypothèse :

H4 : Parmi les mesures effectuées, les meilleurs prédicteurs des performances en lecture seront la conscience phonologique et l'EVA pour les S.Or et E alors que pour les S.Si, le meilleur prédicteur sera uniquement l'EVA.

1. Comparaison des groupes sur les prédicteurs

Afin de mesurer l'influence de nos variables d'intérêt « Conscience Phonologique » et « EVA » sur la lecture de mots tout en prenant en compte l'influence d'autres prédicteurs de la lecture, nous avons soumis aux enfants de nos cohortes des épreuves complémentaires. Ainsi, le tableau suivant (Tab.34) présente les résultats bruts obtenus par chaque groupe respectivement sur les épreuves complémentaires de mémoire de travail (MW), dénomination rapide (RAN), lecture labiale (LL) ainsi que sur le niveau de langue majoritaire de l'enfant évalué par les professionnels (Niv_Lang).

Statistiques descriptives						
	statut	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type
MW	E	42	0	4.10	4.00	0.906
	S.Or	28	0	3.68	4.00	0.723
	S.Si	23	0	4.13	4	1.014
RAN	E	42	0	18.81	17.68	3.925
	S.Or	28	0	19.97	18.16	4.226
	S.Si	23	0	17.78	16.89	3.018
LL	E	42	0	10.24	9.50	3.628
	S.Or	28	0	22.79	24.00	7.544
	S.Si	23	0	6.87	5	6.811
Niv_Lang	E	42	0	1.14	1.00	0.417
	S.Or	28	0	1.46	1.00	0.744
	S.Si	23	0	1.26	1	0.541

Tableau 34 : Scores bruts en mémoire de travail (MW), dénomination rapide (RAN, en s), lecture labiale (LL, /50) et niveau de langue évalué par les professionnels (échelle de 1 à 3 = (1) pas de difficultés, (2) difficultés modérées, (3) difficultés importantes) chez les enfants entendants (E), Sourds Signants (S.Si) et Sourds Oralisans (S.SOr)

1.1. Comparaison des groupes linguistiques en mémoire de travail

Rappel de l'épreuve de mémoire de travail (MW) : répétition de chiffres envers en modalité vocale ou LSF (avec adaptation de la présentation des stimuli en LSF sur un continuum spatial et abaissement des mains entre chaque chiffre)

En mémoire de travail (Fig.54), les résultats obtenus par nos participants ne sont pas significativement différents ($H(2)=4.40$; $p=.111$; $\epsilon^2=.0479$). Les tests Post-Hoc confirment que tous les groupes ont des performances ne se différenciant pas significativement ($W_{(E-S.Or)}=-2.8256$; $p_{(E-S.Or)}=.113$ / $W_{(E-S.Si)}=.0516$; $p_{(E-S.Si)}=.999$ / $W_{(S.Or-S.Si)}=2.3010$; $p_{(S.Or-S.Si)}=.234$) avec un empan envers approchant 4 éléments en moyenne.

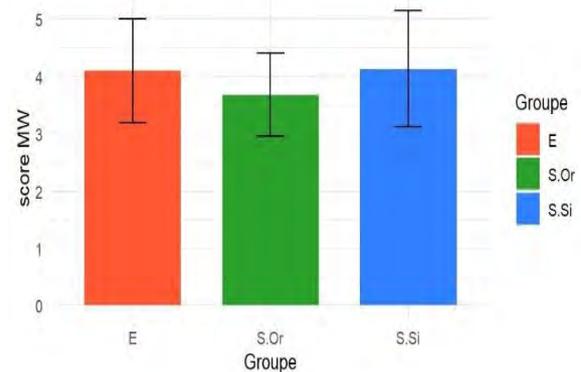


Figure 54 : Scores moyens en mémoire de travail (MW) selon les groupes

1.2. Comparaison des groupes linguistiques en dénomination rapide

Rappel de l'épreuve de RAN : dénomination rapide de 25 images en modalité vocale ou LSF

En RAN (Fig.55), les résultats obtenus par nos participants ne sont pas significativement différents ($H(2)=5.25$; $p=.072$; $\epsilon^2=.0571$). Les tests Post-Hoc confirment que tous les groupes ont des performances ne se différenciant pas significativement ($W_{(E-S.Or)}=1.85$; $p_{(E-S.Or)}=.392$ / $W_{(E-S.Si)}=-1.72$; $p_{(E-S.Si)}=.445$ / $W_{(S.Or-S.Si)}=-3.25$; $p_{(S.Or-S.Si)}=.056$).

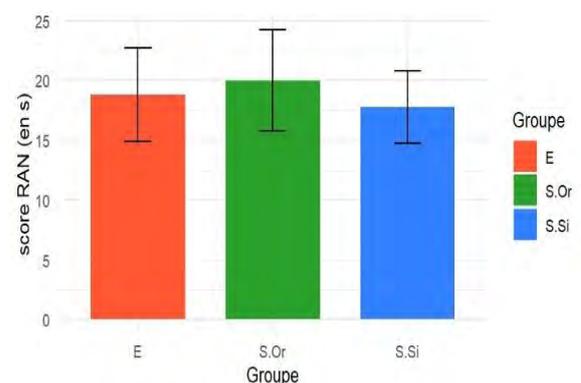


Figure 55 : Temps moyens en dénomination rapide (RAN) selon les groupes

1.3. Comparaison des groupes linguistiques en lecture labiale

Rappel de l'épreuve de lecture labiale : répétition de mots (émis sans vocalisation) en modalité vocale ou LSF

Nous avons déjà comparé les groupes sur leurs performances en **lecture labiale** (Fig.56) dans nos analyses complémentaires au chapitre Analyses I (section 1, sous-section 1.1.3). Les résultats indiquaient des différences significatives ($H(2)=44.02$; $p<.001$; $\epsilon^2=.4785$) entre chaque groupe à l'avantage des enfants S.Or ($M=22.79/50$; $ET=7.54$) par rapport aux E ($M=10.24/50$; $ET=3.63$), eux-mêmes significativement plus performants que les S.Si ($M=6.87/50$; 6.81).

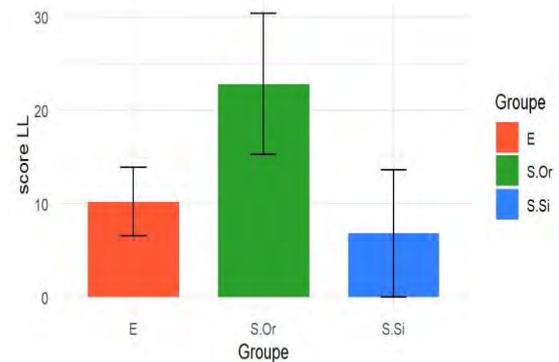


Figure 56: Scores moyens en Lecture Labiale (LL) selon les groupes

1.4. Comparaison des groupes linguistiques sur le niveau de L1

Nous avons utilisé le score de « niveau de langue », estimé par les professionnels, réduit sur une échelle ordinaire en 3 degrés (de 1 le plus performant à 3 le moins performant) (Tab.36 et Fig.57).

Tables de contingence

groupe		Niv_Lang			Total
		1	2	3	
E	Observé	37	4	1	42
	Attendu	33.4	5.87	2.71	42.0
	% par ligne	88.1 %	9.5 %	2.4 %	100.0 %
S.Or	Observé	19	5	4	28
	Attendu	22.3	3.91	1.81	28.0
	% par ligne	67.9 %	17.9 %	14.3 %	100.0 %
S.Si	Observé	18	4	1	23
	Attendu	18.3	3.22	1.48	23.0
	% par ligne	78.3 %	17.4 %	4.3 %	100.0 %
Total	Observé	74	13	6	93
	Attendu	74.0	13.00	6.00	93.0
	% par ligne	79.6 %	14.0 %	6.5 %	100.0 %

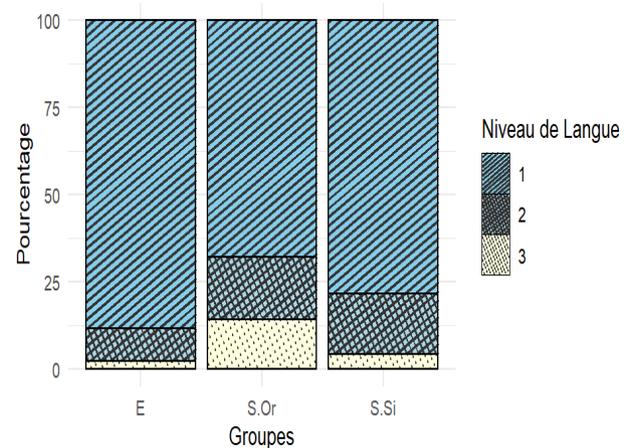


Tableau 35 et Figure 57 : Table de contingence (à gauche) et son illustration (à droite) représentant la répartition des enfants selon leur niveau de maîtrise de la langue majoritaire (1= peu/pas de difficultés, 2=difficultés modérées, 3=difficultés importantes) dans chaque groupe d'enfants entendant (E), Sourds Oralisants (S.Or) et Sourds Signants (S.Si) estimé par les professionnels.

Les enfants entendants ne connaissent pas ou peu de difficultés lexicales et syntaxiques dans leur langue (88.1%), contre 67.9% pour les S.Or et 78.3% pour les S.Si. D'après les tests statistiques, le niveau de langue majoritaire estimé pour nos participants ne diffère pas significativement entre les groupes ($\chi^2(4)=5.86$; $p=.210$; Test exact de Fisher : $p=.213$).

L'objet des analyses suivantes est de déterminer les variables qui influencent plus spécifiquement la lecture de mots sur l'ensemble de notre population. Ensuite, nous chercherons à établir si ces variables influencent également spécifiquement les performances de lecture de mots selon le groupe (E ; S.Or et S.Si). Enfin, si l'EVA et la conscience phonologique se montrent prédictives chez nos participants, nous tenterons d'observer si le poids de ces variables diffère selon les groupes considérés.

2. Liens entre identification de mots et les prédicteurs testés chez tous les participants

2.1. Variables influençant la lecture de mots

Pour identifier les variables mesurées dans notre étude (EVA, conscience phonologique, mémoire de travail, RAN, lecture labiale et niveau de langue³³) qui influencent la lecture de mots chez tous nos participants, nous avons procédé à un test de corrélations (Tab.37) puis créé un modèle linéaire général.

Ces résultats montrent de très fortes corrélations entre les scores de lecture de mots et nos variables d'intérêt EVA et Conscience phonologique (rcl_tot et eva_tot : $Rho=.559$; $p<.001$; rcl_tot et cp_tot : $Rho=.680$; $p<.001$) ainsi qu'avec d'autres variables telles que le niveau de langue (rcl_tot et Niv_Lang : $Rho=-.347$; $p<.001$) et la lecture labiale (rcl_tot et LL : $.313$; $p=.002$).

³³ Pour la variable « Niveau de Langue », nous conserverons le score moyen qui, par sa valeur continue, offre une plus grande puissance statistique que son correspondant ordinal. A l'appui de ce choix, la colinéarité entre notre variable dépendante (Lecture de mots) et notre variable indépendante (Niveau de langue) est légèrement plus forte lorsque nous prenons la valeur continue ($Rho=-.446$; $p<.001$) que la valeur ordinale ($Rho=-.347$; $p<.001$).

Matrice de corrélation

		rcl_tot	eva_tot	cp_tot	MW	RAN	LL	Age	Niv-Lang
rcl_tot	Rho de Spearman	—							
	ddl	—							
	valeur p	—							
eva_tot	Rho de Spearman	0.559***	—						
	ddl	91	—						
	valeur p	< .001	—						
cp_tot	Rho de Spearman	0.680***	0.451***	—					
	ddl	91	91	—					
	valeur p	< .001	< .001	—					
MW	Rho de Spearman	0.179	0.127	0.112	—				
	ddl	91	91	91	—				
	valeur p	0.086	0.223	0.284	—				
RAN	Rho de Spearman	-0.052	-0.093	0.036	-0.349***	—			
	ddl	91	91	91	91	—			
	valeur p	0.620	0.376	0.729	< .001	—			
LL	Rho de Spearman	0.313**	0.041	0.101	-0.102	0.130	—		
	ddl	91	91	91	91	91	—		
	valeur p	0.002	0.698	0.334	0.329	0.215	—		
Age	Rho de Spearman	-0.013	0.090	-0.147	0.103	-0.273**	0.059	—	
	ddl	91	91	91	91	91	91	—	
	valeur p	0.898	0.391	0.160	0.327	0.008	0.577	—	
Niv-Lang	Rho de Spearman	-0.347***	-0.282**	-0.295**	-0.366***	0.179	0.239*	0.084	—
	ddl	91	91	91	91	91	91	91	—
	valeur p	< .001	0.006	0.004	< .001	0.086	0.021	0.425	—

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Tableau 36 : Corrélations entre les scores de lecture de mots (rcl_tot), l'EVA (eva_tot), la conscience phonologique (cp_tot), la mémoire de travail (MW), la dénomination rapide (RAN), la lecture labiale (LL), l'âge (Age) et le niveau de langue majoritaire moyen estimé (Niv_Lang) chez l'ensemble des participants (E, S.Or et S.Si)

Nous réalisons un modèle linéaire général (Couvée et al., 2023) intégrant l'ensemble des variables (centrées) afin de vérifier les liens de causalité entre les variables mesurées. Ainsi, nous intégrons :

-en Variable Dépendante (VD) : le score de lecture de mots (rcl_tot)

-en Variables Indépendantes (VI) : le groupe d'appartenance E, S.Or et S.Si des participants (Groupe) l'EVA (eva_tot), la Conscience Phonologique (cp_tot), les variables cognitives mémoire de travail (MW) et RAN (RAN), les variables linguistiques Lecture Labiale (LL) et Niveau de langue majoritaire (Niv_Lang) ainsi que l'âge chronologique (Age) isolément.

Le modèle créé montre un manque d'homogénéité des résidus (Test de Levene : $F(2,90)=10.5$; $p<.001$) pouvant rendre imprécises les estimations des paramètres du modèle.

Nous améliorons notre modèle en couplant chacune des VI avec la variable « groupe » afin d'observer les liens entre les VI et la VD selon le groupe des participants. Les données ainsi couplées permettent de créer un modèle plus robuste (normalité des résidus : p de Shapiro=.133, p de Kolmogorov-Smirnov= .595, Test de Levene : $F(2,90)=1.41$; $p=.210$) que lorsque les VI sont prises en compte individuellement.

ANOVA Omnibus tests					
	SS	df	F	p	η^2p
Model	8409.394	23	17.1174	< .001	0.851
Groupe	267.428	2	6.2600	0.003	0.154
Niv_Lang	544.164	1	25.4760	< .001	0.270
cp_tot	0.968	1	0.0453	0.832	0.001
eva_tot	154.225	1	7.2203	0.009	0.095
LL	40.006	1	1.8730	0.176	0.026
MW	9.068	1	0.4245	0.517	0.006
RAN	0.636	1	0.0298	0.864	0.000
p_age	7.246	1	0.3392	0.562	0.005
Groupe * Niv_Lang	679.525	2	15.9066	< .001	0.316
Groupe * p_age	5.548	2	0.1299	0.878	0.004
Groupe * cp_tot	157.280	2	3.6817	0.030	0.096
Groupe * eva_tot	91.862	2	2.1503	0.124	0.059
Groupe * LL	355.896	2	8.3310	< .001	0.195
Groupe * MW	82.402	2	1.9289	0.153	0.053
Groupe * RAN	86.530	2	2.0255	0.140	0.055
Residuals	1473.832	69			
Total	9883.226	92			

Les résultats de ce modèle (Tab.38) confirment l'influence significative des variables Niveau de langue ($F=25.47$; $p<.001$), EVA ($F=7.22$; $p=.009$) ainsi que de l'appartenance à un groupe E, S.Or ou S.Si ($F=6.26$; $p=.003$) sur la lecture de mots. En outre, la conscience phonologique ($F=3.68$; $p=.030$) et la lecture labiale ($F=8.33$; $p<.001$) selon les groupes considérés jouent également un rôle significatif sur la lecture

Tableau 37 : Tests ANOVA Omnibus dans le modèle linéaire établissant la significativité du lien entre le score de lecture de mots et les variables prédictives « EVA (eva_tot), Conscience Phonologique (cp_tot), mémoire de travail (MW) ; RAN (RAN), Lecture Labiale (LL) ; Niveau de langue majoritaire (Niv_Lang) et âge chronologique (age) »

2.2. Poids des variables influençant l'identification de mot chez tous les participants

Pour comprendre l'influence de ces différentes variables sur la lecture de mots nous intégrons celles-ci dans un modèle de régression linéaire hiérarchique ascendant (Colin et al., 2007; Couvee et al., 2022; Niolaki et al., 2020).

Nous intégrons en premier lieu nos variables d'intérêt (Conscience phonologique et EVA) car fortement prédictives de l'identification de mots selon la littérature scientifique (Bosse & Valdois, 2009; Caravolas et al., 2012; Colin et al., 2007; Ehri et al., 2001; Niolaki et al., 2022; Niolaki et al., 2020; Stuart & Masterson, 1992; Valdois et al., 2021). Nous poursuivons avec les variables cognitives mémoire de travail et RAN, également documentées dans la littérature scientifique (Houlis et al., 2019; Landerl et al., 2019; Niolaki et al., 2020; Swanson & Ashbaker, 2000; Swanson & Howell, 2001) avant d'intégrer l'âge chronologique (Écalle et al., 2022; Nazir et al., 2003) puis les variables plus spécifiques à la surdité que sont la lecture labiale et les groupes (selon leur profil auditif et linguistique) (Couvee et al., 2022; Harris et al., 2017; Kyle & Harris, 2010). Bien que la variable de niveau de langue puisse avoir un impact sur la lecture de mots (Mayberry et al., 2011; Nittrouer et al., 2012; Spencer & Oleson, 2008), son intercorrélation avec la plupart de nos variables précédentes pourrait masquer leur influence réelle. Nous ne l'intégrons donc pas dans nos modèles tout en restant conscients de son influence indubitable sur la lecture de mots. Nous présentons ci-dessous brièvement la démarche pour les 5 modèles ainsi créés (données statistiques propres à chaque modèle disponible en Annexe 10, section 6, sous-sections 6.1 à 6.5) et les comparons. Nous avons suivi la procédure suivante :

-Dans le modèle 1 : nous intégrons nos variables d'intérêt « EVA et CP » en VI et la lecture de mots en VD. Ces variables phonologique et visuo-attentionnelle représentent ensemble 54.4% de la variance des scores de lecture de mots.

-Dans le modèle 2 : Nous ajoutons en VI, les variables cognitives mémoire de travail (MW) et dénomination rapide (RAN). La différence entre les modèles 1 et 2 n'est pas significative ($F=.190$; $p=.827$). Le R^2 ajusté du modèle 2 diminue par rapport à celui du modèle précédent. Ces variables n'ont pas de pouvoir explicatif supplémentaire sur les scores observés en lecture de mots comme le montrait le modèle général linéaire.

-Dans le modèle 3 : Nous ajoutons en VI, la variable « d'âge chronologique ». La différence entre le modèle 2 et 3 n'est pas significative ($F=.323$; $p=.571$). Le R^2 ajusté du modèle 3 diminue par rapport à celui du modèle précédent. Cette variable n'a pas de pouvoir explicatif supplémentaire sur les scores observés en lecture de mots comme le montrait le modèle général linéaire.

-**Dans le modèle 4** : Nous ajoutons en VI, la variable lecture labiale (LL) dont nous supposons qu'elle joue un rôle principalement en cas de surdité. La différence entre les modèles 3 et 4 est significative ($F=16.94$; $p<.001$). Le R^2 ajusté du modèle 4 augmente fortement par rapport à celui du modèle pr c dent. Cette variable apporte un pouvoir explicatif supplémentaire aux performances en lecture de mots de tous nos participants puisque la lecture labiale cumulée aux scores d'EVA et de CP explique 60.5% de la variance des scores de lecture de mots.

-**Dans le modèle 5** (Tab.39) : Nous ajoutons en VI, l'appartenance au groupe défini selon son statut auditif et linguistique (E, S.Or, S.Si). La différence entre les modèles 4 et 5 est significative ($F=3.212$; $p=.045$). Le R^2 ajusté du modèle 5 augmente légèrement par rapport à celui du modèle pr c dent. L'appartenance à un des groupes apporte un pouvoir explicatif supplémentaire aux performances de lecture de mots. Le cumul des variables de CP, EVA, lecture labiale et groupe explique 62.4% de la variance des scores de lecture de mots.

Mesures de l'ajustement du modèle

Modèle	R	R^2	R^2 ajusté	AIC (Critère d'information d'Akaike)	Test de modèle général			
					F	ddl1	ddl2	p
1	0.745	0.554	0.544	631	56.0	2	90	<.001
2	0.746	0.556	0.536	634	27.6	4	88	<.001
3	0.747	0.558	0.533	636	22.0	5	87	<.001
4	0.794	0.631	0.605	621	24.5	6	86	<.001
5	0.811	0.657	0.624	618	20.1	8	84	<.001

Comparaison de modèle

Comparaison		ΔR^2	F	ddl1	ddl2	p
Modèle	Modèle					
1	- 2	0.00192	0.190	2	88	0.827
2	- 3	0.00164	0.323	1	87	0.571
3	- 4	0.07276	16.942	1	86	<.001
4	- 5	0.02624	3.212	2	84	0.045

Test Anova omnibus

	Somme des carrés	ddl	Carrés moyens	F	p
cp_tot	247.0409	1	247.0409	6.120	0.015
eva_tot	583.9433	1	583.9433	14.466	<.001
RAN	6.6707	1	6.6707	0.165	0.685
MW	85.4997	1	85.4997	2.118	0.149
Age	0.0165	1	0.0165	4.09e-4	0.984
LL	66.7641	1	66.7641	1.654	0.202
Groupe	259.3201	2	129.6601	3.212	0.045
R�siduals	3390.7579	84	40.3662		

Note. Somme des carrés de type 3

Coefficients du modèle - rcl_tot

Prédicteur	Estimation	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%		t	p	Estimation standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inf	Supérieur				Borne inf	Supérieur
Ordonnée à l'origine	4.11003	12.8085	-21.3610	29.581	0.3209	0.749			
cp_tot	0.30070	0.1215	0.0590	0.542	2.4739	0.015	0.29115	0.0571	0.525
eva_tot	0.19916	0.0524	0.0950	0.303	3.8034	<.001	0.29750	0.1420	0.453
RAN	-0.07803	0.1919	-0.4597	0.304	-0.4065	0.685	-0.02911	-0.1715	0.113
MW	1.17812	0.8095	-0.4317	2.788	1.4554	0.149	0.10191	-0.0373	0.241
Age	-0.00128	0.0634	-0.1273	0.125	-0.0202	0.984	-0.00138	-0.1365	0.134
LL	0.15725	0.1223	-0.0859	0.400	1.2861	0.202	0.13196	-0.0721	0.336
Groupes:									
S.Or – E	1.41026	2.2963	-3.1562	5.977	0.6141	0.541	0.13606	-0.3045	0.577
S.Si – E	-7.48020	3.1920	-13.8278	-1.133	-2.3434	0.021	-0.72170	-1.3341	-0.109

* Représente le niveau de référence

Tableau 38 : Résumé de la comparaison des modèles de régression linéaires 1 à 5, portant sur la lecture de mots, les prédicteurs (sans le niveau de langue majoritaire) et l'effet du groupe d'appartenance chez l'ensemble des participants E, S.Or et S.Si.

L'augmentation du pouvoir explicatif entre les modèles 4 et 5 est relativement faible et pourrait laisser penser que la variable groupe a un effet relatif. Toutefois, l'ajout de cette variable dans le modèle entraîne la suppression de la significativité de la lecture labiale sur la lecture de mots. Il semble, d'autre part, que le modèle 5 soit robuste (au regard des indicateurs ci-dessous : Distance de Cook < 1 ; valeur de DW=1.51 ; VIF<5 ; loi normale avec p=.827) et explicatif de la réussite en lecture de mots de nos participants. Notons également que la Conscience Phonologique et l'EVA restent significatifs quelles que soient les variables ajoutées aux modèles 1 à 5 inclus.

Résumé des données

Distance de Cook

Moyenne	Médiane	Ecart-type	Etendue	
			Min	Max
0.0144	0.00401	0.0274	1.58e-7	0.161

Vérifications des hypothèses

Test d'auto-corrélation de Durbin et Watson

Autocorrélation	Valeur du DW	p
0.243	1.51	0.006

Test de normalité (Shapiro-Wilk)

Statistique	p
0.992	0.827

Statistiques de colinéarité

	VIF	Tolérance
cp_tot	1.84	0.543
eva_tot	1.22	0.817
RAN	1.12	0.893
MW	1.10	0.913
Age	1.06	0.940
LL	1.61	0.623
Groupe	1.75	0.571

De ce fait, ces modèles (1 à 5) montrent une influence importante de la conscience phonologique et de l'EVA sur la lecture de mots pour l'ensemble des participants. La lecture labiale a également un effet mais dépendant du groupe ou moins fort que celui du groupe.

En résumé, les modèles de régression linéaire hiérarchique créés indiquent les plus importants prédicteurs testés dans notre étude sur la lecture de mots pour l'ensemble de nos participants. Ils soulignent le poids conjoint particulièrement fort de l'EVA et de la conscience phonologique ainsi que le poids significatif du groupe (bien que plus faible que celui de l'EVA et de la conscience phonologique). La lecture labiale est également un fort prédicteur mais son effet significatif est dépendant du groupe.

Dans les sections suivantes, nous observerons l'influence de la conscience phonologique, de l'EVA, de la lecture labiale sur l'identification de mots pour estimer le poids spécifique de chacune de ces variables selon le groupe d'appartenance, à l'aide d'un modèle en pistes causales à l'instar de Valdois et al. (2019).

3. Poids des variables influençant l'identification de mots selon les groupes

Comme le modèle de médiation, le modèle en pistes causales (ou *path analysis*) cherche à analyser les relations causales entre variables en utilisant la régression multiple et des diagrammes en chemins pour représenter les relations entre les variables. Il est toutefois plus complexe dans sa structure car vise à comprendre un réseau plus large de relations causales. Il « *permet d'aller au-delà d'une simple description des liaisons entre variables pour envisager le sens de leurs effets et, donc, d'approcher les phénomènes d'un point de vue plus causal* » (Poncelet & Lafontaine, 2011, p. 72). Ce type de modèle fournit des indicateurs d'interactions (coefficient de régression partielle) directes et indirectes entre les variables. Habituellement utilisé sur de larges échantillons de population, certains auteurs ont utilisé des modèles de médiation ou multivariés mais également des modèles en pistes causales sur de plus petits échantillons et notamment chez des enfants sourds (Buchanan et al., 2020; Merchán et al., 2022; Webb et al., 2015).

A titre exploratoire, nous avons créé un modèle en pistes causales afin de mettre à jour le poids des variables prédictives sur l'identification de mots selon le groupe considéré. Comme le modèle permet de séparer nos 93 participants en 3 groupes selon leur statut auditif et linguistique (E=42, S.Or=28 et S.Si=23), il fournira des informations indicatives qu'il serait nécessaire de nuancer et de confirmer sur une plus large population.

Pour créer nos modèles en pistes causales, nous nous appuyons sur les modèles de régression linéaires hiérarchiques précédents (ce chapitre Analyses III, section 2, sous-section 2.2, modèles N°1 à 5) et sur le modèle de régression linéaire générale (ce chapitre Analyses III, section 2, sous-section 2.1, modèle N°2). Ceux-ci indiquaient l'absence d'effets des variables cognitives MW et RAN, c'est pourquoi nous ne les intégrons pas au modèle en pistes causales. Nous conservons ainsi uniquement les variables qui semblaient significatives dans le modèle de régression linéaire générale et celles également confirmées aux différentes étapes des modèles hiérarchiques (N°1 à 5) c'est-à-dire : EVA (eva_tot), Conscience Phonologique (cp_tot), Lecture Labiale (LL) et Niveau de Langue (Niv_Lang) selon le groupe (E, S.Or et S.Si). Nous appliquons ensuite une transformation logarithmique à nos données afin de réduire leur variabilité et de diminuer leur asymétrie pour approcher une distribution des données plus proche de la loi normale. Enfin, nous appliquons une méthode de rééchantillonnage par *bootstrapping Bca (Bias-corrected and accelerated)* sur 10000 itérations pour réduire de nouveau l'asymétrie des données et éviter un biais dans la distribution de l'estimateur. Nous utilisons une approche statistique consistant à maximiser la fonction de vraisemblance et peu sensible aux estimations basées sur de petits échantillons (« *Maximum likelihood method* »).

Modèle en pistes causales N°1 : Ce premier modèle en pistes causales ainsi créé, malgré nos précautions, est peu robuste au regard des valeurs testant la qualité du modèle qui indiquent son manque de fiabilité ($p=.004$, $\chi^2=19.1$, $df=6$. ; Valeurs trop élevées pour SRMR = .102 et RMSEA= .265 soit $p=.007$; Ajustement médiocre à mauvais du modèle : CFI =.866 ; TLI =.396 ; RNI =.866).

La population testée étant séparée en trois sous-groupe restreints (E $n=42$; S.Or $n=28$; S.Si $n=23$), le fait d'insérer dans le modèle trop de variables explique probablement en partie le problème d'ajustement de celui-ci. Par ailleurs, la variable Niveau de Langue (Niv_Lang) pourrait être une variable trop fortement dominante impliquant un effet suppressif sur les autres variables. Il est possible qu'elle entraîne également un effet de confusion (= masquage, déformation des relations entre variables) et/ou un effet d'interactions à travers sa forte covariabilité avec les autres variables testées, notamment linguistiques. Pour ces raisons, nous décidons donc d'ôter cette variable de notre modèle.

Modèle en pistes causales N°2 : Le second modèle en pistes causales créé comporte les variables retrouvées aux modèles linéaires hiérarchiques N°4 et 5 soit : l'EVA (eva_tot), la conscience phonologique (cp_tot) et la lecture labiale (LL) afin d'observer leur influence sur les scores de lecture de mots (rcl_tot) selon le groupe. Nous appliquons à notre modèle 2, les mêmes procédures de

transformation logarithmique des données et de *bootstrapping Bca* que dans le modèle en pistes causales N°1. Les indicateurs de fiabilité du modèle 2 sont bien supérieurs au précédent (Le modèle créé $\chi^2(3)=2.27$, $p=.518$ s'ajuste mieux aux données que le modèle basique ($\chi^2(18)=61.69$, $p<.001$) ; valeurs faibles pour SRMR =.041 et RMSEA=0 soit $p=.550$ (non significatif) ; Ajustement globalement correct du modèle : CFI = 1 ; TLI =1.1 ; RNI = 1.017 ; GFI = 1 mais Pars.GFI un peu élevé=.071 indiquant une faible taille d'échantillon).

Différents arguments nous permettent de conserver ce modèle. D'abord, les indicateurs d'estimation du modèle sont corrects. De plus, nous constatons que les intercepts sont non significatifs pour la lecture de mots (rcl_tot), alors que tous les intercepts des variables indépendantes sont significatifs. Ces résultats sont logiques car la non-significativité de l'intercept est cohérente avec la nature multifactorielle du score de lecture et la présence de nombreux autres facteurs non inclus dans le modèle (cognitifs, environnementaux, socio-économiques, etc.). En d'autres termes, il est attendu que la valeur de base du score de lecture (rcl_tot) ne soit pas bien définie lorsque CP et EVA sont nulles, étant donné que la lecture est influencée par de nombreux autres facteurs. Ainsi, nous ne pouvons pas conclure que la lecture de mots est statistiquement différente de zéro lorsque CP et EVA sont égales à zéro, mais nous pouvons observer l'influence de la CP et de l'EVA sur la lecture de mots puisque les coefficients de ces VI sont significatifs. Enfin, nous pondérons nos observations à l'aide des valeurs minimum et maximum des intervalles de confiance des estimateurs. Celles-ci suggèrent globalement un écart modéré (excluant 0), montrant la qualité des estimations des paramètres du modèle et confirmant les résultats significatifs obtenus.

Intercepts							
Group	Variable	Intercept	SE	95% Confidence Intervals		z	p
				Lower	Upper		
E	rcl_tot	16.489	9.122	-4.019	31.997	1.808	0.071
	cp_tot	42.257	2.098	38.117	46.447	20.142	0.000
	eva_tot	130.892	5.091	120.752	140.890	25.712	0.000
	LL	10.238	0.000	10.238	10.238		
S.Or	rcl_tot	2.029	13.535	-23.129	29.875	0.150	0.881
	cp_tot	45.787	4.198	38.204	54.813	10.907	0.000
	eva_tot	101.993	12.774	79.098	129.192	7.984	0.000
	LL	22.786	0.000	22.786	22.786		
S.Si	rcl_tot	-7.112	21.568	-46.712	34.675	-0.330	0.742
	cp_tot	21.256	0.904	19.210	22.841	23.525	0.000
	eva_tot	113.570	3.628	106.689	120.911	31.307	0.000
	LL	6.870	0.000	6.870	6.870		

Tableau 39 : Valeurs des intercepts dans le modèle en piste causales n°2

Pour ces raisons, les paramètres d'estimation paraissent valables, bien que ce modèle soit certainement complexe pour nos échantillons restreints. Il donne une réelle tendance sur les facteurs d'influence observés et est plus robuste que le précédent. Néanmoins, nos constats ne seront émis qu'à titre exploratoire et devront être nuancés (Tab.41).

Parameter Estimates									
Group	Dep	Pred	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		β	z	p
					Lower	Upper			
E	rcl_tot	cp_tot	0.1176	0.1289	-0.0877	0.4319	0.1506	0.9118	0.362
	rcl_tot	eva_tot	0.2140	0.0568	0.1190	0.3450	0.5188	3.7653	<.001
	rcl_tot	LL	-0.2105	0.1357	-0.5130	0.0263	-0.1822	-1.5513	0.121
	cp_tot	LL	-0.2018	0.2115	-0.6579	0.1818	-0.1365	-0.9541	0.340
	eva_tot	LL	0.0780	0.4864	-0.8955	1.0019	0.0279	0.1604	0.873
S.Or	rcl_tot	cp_tot	0.5169	0.1620	0.2506	0.8906	0.5474	3.1903	0.001
	rcl_tot	eva_tot	0.2196	0.1021	0.0267	0.4244	0.5086	2.1506	0.032
	rcl_tot	LL	-0.0191	0.2006	-0.4552	0.3359	-0.0188	-0.0953	0.924
	cp_tot	LL	-0.4452	0.1897	-0.8272	-0.0822	-0.4129	-2.3471	0.019
	eva_tot	LL	0.7464	0.5034	-0.3370	1.6538	0.3165	1.4826	0.138
S.Si	rcl_tot	cp_tot	-0.2435	0.6343	-1.4750	1.1276	-0.0805	-0.3839	0.701
	rcl_tot	eva_tot	0.3279	0.1547	0.0157	0.6197	0.3801	2.1192	0.034
	rcl_tot	LL	0.6825	0.3472	-0.1388	1.2001	0.4595	1.9654	0.049
	cp_tot	LL	-0.1512	0.1220	-0.4227	0.0265	-0.3081	-1.2399	0.215
	eva_tot	LL	-0.1843	0.3693	-0.9517	0.5279	-0.1070	-0.4990	0.618

Defined Parameters									
Label	Description	Parameter	Estimate	SE	95% Confidence Intervals		β	z	p
					Lower	Upper			
IE1	(LL \Rightarrow cp_tot \Rightarrow rcl_tot) ₁	p4*p1	-0.024	0.040	-0.184	0.017	-0.021	-0.590	0.555
IE2	(LL \Rightarrow eva_tot \Rightarrow rcl_tot) ₁	p5*p2	0.017	0.109	-0.207	0.230	0.014	0.153	0.878
IE3	(LL \Rightarrow cp_tot \Rightarrow rcl_tot) ₂	p17*p14	-0.230	0.111	-0.540	-0.073	-0.226	-2.079	0.038
IE4	(LL \Rightarrow eva_tot \Rightarrow rcl_tot) ₂	p18*p15	0.164	0.136	-0.010	0.563	0.161	1.203	0.229
IE5	(LL \Rightarrow cp_tot \Rightarrow rcl_tot) ₃	p30*p27	0.037	0.149	-0.121	0.497	0.025	0.247	0.805
IE6	(LL \Rightarrow eva_tot \Rightarrow rcl_tot) ₃	p31*p28	-0.060	0.134	-0.463	0.123	-0.041	-0.453	0.651

Note. Description subscripts refer to groups, with 1= group E, 2= group S.Or, 3= group S.Si

Tableau 40 : Résultats du modèle 2 en pistes causales créé à partir des données de conscience phonologique, EVA, lecture labiale et leur influence sur la lecture de mots

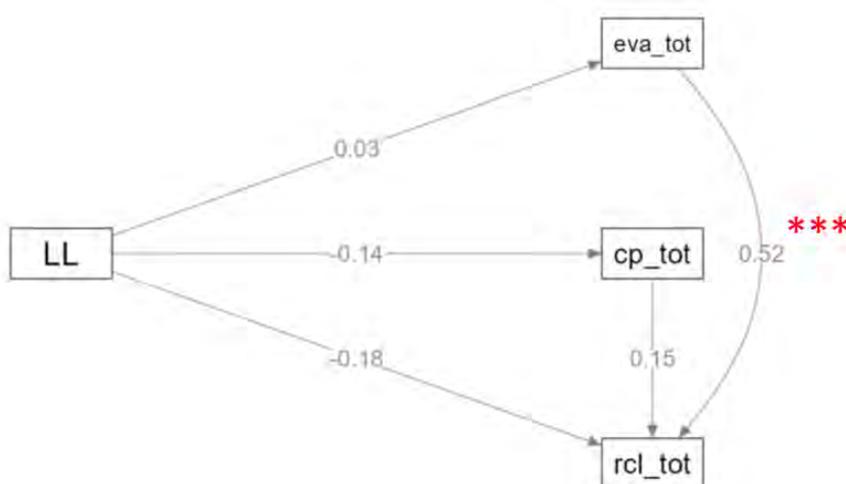
Ce modèle semble indiquer que les facteurs d'influence de la lecture de mots sont différents selon les groupes considérés (voir Fig.57) ainsi :

-**Chez les enfants E**, 32.66% de la variance en lecture de mots est expliquée par l'intégration des deux variables EVA et CP mais seul l'effet de l'EVA sur la lecture de mots est significatif ($p < .001$; $\beta = .5188$; intervalles de confiance entre .12 et .34). La conscience phonologique ($p = .362$; $\beta = .1506$) et la lecture labiale ($p = .121$; $\beta = -.1822$) n'influencent pas significativement les scores en lecture de mots.

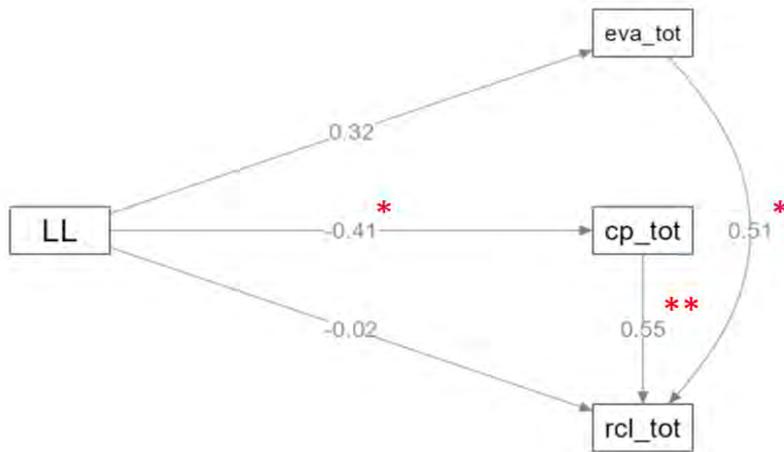
-**Chez les enfants S.Or**, 48.83% de la variance en lecture de mots est expliquée par l'intégration des deux variables EVA et CP : la conscience phonologique ($p = .001$; $\beta = .5474$; intervalles de confiance entre .25 et .89) et l'EVA ($p = .032$; $\beta = .5086$; intervalles de confiance entre .02 et .42) influencent significativement la lecture de mots. Le poids de ces variables semble relativement équivalent au regard des tailles d'effets proches. Nous constatons que la lecture labiale n'a pas d'impact direct sur la lecture de mots dans ce groupe ($p = .924$; $\beta = -.0188$). En revanche, elle influence significativement la conscience phonologique ($p = .019$; $\beta = -.4129$; intervalles de confiance entre -.82 et -.08). Le sens de cet effet indirect est confirmé de la lecture labiale vers la conscience phonologique qui influence elle-même la lecture de mots ($p = .038$; $\beta = -.226$; intervalles de confiance entre -.54 et -.07).

-**Chez les S.Si**, 34.55% de la variance en lecture de mots est expliquée par l'intégration des deux variables EVA et CP mais l'EVA influence significativement la lecture de mots ($p = .033$; $\beta = .3801$; intervalles de confiance entre .01 et .62) contrairement à la conscience phonologique ($p = .701$; $\beta = -.0805$). Par ailleurs, la lecture labiale influence directement et significativement la lecture de mots ($p = .049$; $\beta = .4595$; intervalles de confiance un peu plus larges entre -.13 et 1.20) mais pas la conscience phonologique ($p = .212$; $\beta = -.3081$).

Groupe E



Groupe S.Or



Groupe S.Si

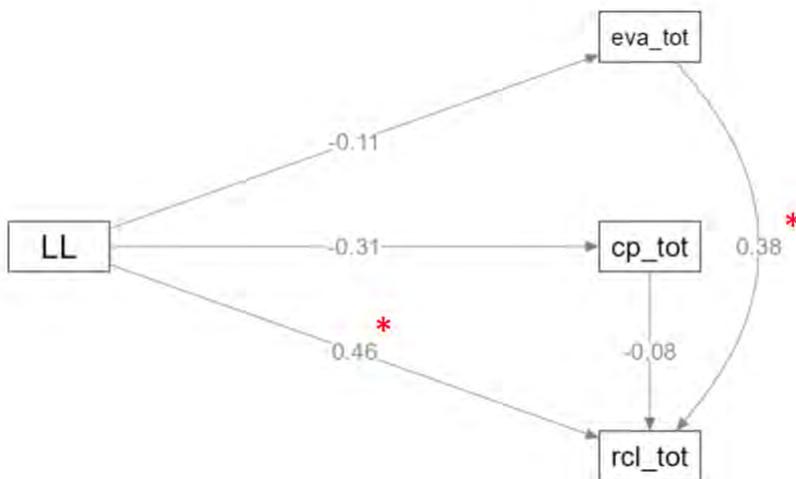


Figure 58 : : Diagrammes en chemins représentant les interactions majeures et significatives (* à ***) de la Lecture Labiale (LL), l'EVA (eva_tot) et la Conscience Phonologique (cp_tot) sur la Lecture de mots (rcl_tot) indiquées par le modèle en pistes causales n°2 ainsi que leur poids (valeurs β) pour chaque groupe E (Entendants), S.Or (Sourds Oralisants) et S.Si (Sourds Signants).

4. Discussion intermédiaire

D'après le modèle général de régression linéaire, les variables qui influencent l'identification de mots sont le niveau de langue majoritaire, l'EVA, la conscience phonologique et la lecture labiale. Le poids du niveau de langue semble important mais n'a pu être finement évalué compte-tenu de sa corrélation avec la plupart des variables mesurées. Cependant, comme prédit dans notre hypothèse, le modèle linéaire hiérarchique suggère que d'autres variables (EVA, conscience phonologique, lecture labiale) ont un poids important et dépendant du groupe considéré. Le modèle exploratoire en pistes causales indique un rôle significatif de l'EVA pour les trois groupes mais un poids de la conscience phonologique variable selon les groupes. Chez les E, ni la lecture labiale, ni la conscience phonologique n'auraient un impact significatif sur l'identification de mots. Chez les S.Or, la conscience phonologique, médiatisée par la lecture labiale, aurait un poids significatif sur l'identification de mots, au même titre que l'EVA. Chez les S.Si, l'EVA, mais aussi la lecture labiale, auraient une influence directe importante et sur l'identification de mots.

Hypothèse H4 : meilleurs prédicteurs des performances en lecture CP+EVA pour S.Or et E; EVA pour S.Si

Résultats : Nous prévoyions que parmi les variables mesurées, CP et EVA seraient les meilleurs prédicteurs de l'identification de mots pour les S.Or et E mais que l'EVA serait le meilleur prédicteur pour les S.Si. Nos résultats vont partiellement en ce sens.

La stabilité du poids de l'EVA mais la variabilité du poids de la CP selon le groupe paraît à priori confirmer nos hypothèses. D'autres facteurs sont cependant à prendre en compte pour interpréter ces résultats.

Chez les S.Si, les résultats observés en CP sont cohérents avec les résultats obtenus dans de précédentes études qui indiquaient, soit l'absence d'accès à la conscience phonologique, soit un accès atténué par rapport à d'autres variables, en cas de surdité (Couvee et al., 2023; Harris et al., 2017; McQuarrie & Parrila, 2009). En outre, nous ne pouvons pas attribuer l'absence de relations entre lecture de mots et conscience rimique à un effet plancher de ce groupe sur la tâche de CP puisque nous avons précédemment vérifié et infirmé cette hypothèse. De ce fait, il semble bien que les sourds intramodaux de notre étude, qu'ils soient lecteurs fragiles ou habiles, ne s'appuient pas ou très peu sur la conscience phonologique pour identifier des mots. Il est possible, en revanche, que les lecteurs signeurs s'appuient davantage sur la lecture labiale (Cates et al., 2022; Dodd & Hermelin, 1977; Elliott et al., 2012; Leybaert & Charlier, 1996). En effet, même si la lecture labiale est souvent envisagée

comme un médiateur (via les visèmes) de l'accès à la conscience phonologique vers la lecture, nos résultats suggèrent plutôt un rôle important de la lecture labiale dans l'accès lexical, chez les S.Si. Elle permettrait l'accès au mot écrit directement mais pas aux unités sublexicales qui le composent. Ces résultats semblent probables au regard de notre population d'enfants S.Si intramodaux pour la plupart natifs, n'utilisant pas la LfPC et n'apprenant pas à lire via des méthodes phonologiques (Daigle et al., 2020). Les résultats présentés sont, de plus, cohérents avec les études montrant que les signeurs utilisent l'information lexicale issue de la lecture labiale pour accéder au sens du signe, plus particulièrement les sourds signants intramodaux (Bogliotti & Isel, 2021).

Avec un accès phonologique aussi faible, le poids de l'EVA est d'autant plus important pour les lecteurs S.Si. La distribution de l'attention et la quantité d'attention dévolues au traitement lexical écrit semblent donc un facteur majeur de leur réussite en lecture de mots (Ginestet et al., 2022; Wang et al., 2015). Toutefois, d'autres variables que nous n'avons pas évaluées tels que le vocabulaire, l'accès à la phonologie cross-modale en dactylogogie ou encore l'accès aux unités sublexicales de la LSF pourraient également jouer un rôle fondamental.

Chez les E, la conscience rimique n'influence pas la lecture de mots d'après notre modèle en pistes causales n°2. Ces résultats peuvent être consistants avec certaines études qui montrent que la conscience de la rime n'est pas un prédicteur de la lecture contrairement à la conscience phonémique (Hulme et al., 2002; Melby-Lervåg et al., 2012; Muter et al., 1997; Nation & Hulme, 1997). Néanmoins, cette absence de relation pourrait être également liée à l'effet plafond identifié précédemment pour les scores en CP. L'absence de variabilité constatée ne permet pas d'observer le lien entre CP et lecture ni entre CP et lecture labiale, elle-même influençant la lecture (Buchanan et al., 2020; Kyle & Trickey, 2024). Par ailleurs, certaines études soulignent que la conscience phonologique a beaucoup de poids en début d'apprentissage mais moins à des stades plus avancés d'apprentissage pour lesquels la conscience morphologique serait plus prédictive (Berninger et al., 2010; Carlisle, 2000, 2010; Marec-Breton et al., 2010). Pour ces raisons, l'absence de poids de la CP chez les entendants doit être relativisé. Il peut être lié au choix de l'unité phonologique rimique, au manque de variabilité des données car la tâche était probablement trop simple pour des enfants entendants de CE2 à CM2 ou à leur âge.

Concernant l'EVA, son poids est très élevé sur la lecture de mots. Peu de variables ont été insérées dans le modèle. La prise en compte d'autres variables influentes permettrait d'accréditer son poids réel.

Chez les S.Or, l'effet conjoint de la CP et de l'EVA sur l'identification de mots correspond aux données fournies par la littérature scientifique chez les entendants dyslexiques qui montrait des dyslexies soit

caractérisées par un double déficit en EVA et CP, soit par des déficit d'EVA et CP indépendants (Bouvier-Chaverot et al., 2012; Valdois et al., 2021). Les résultats démontrés par le modèle en pistes causales semblent cohérents avec le fait que les enfants S.Or présentent une sous-spécification de leurs représentations phonologiques (Alegria Iscoa et al., 1999; Aparicio et al., 2014; Bouton, 2010). Ainsi, les lecteurs de mots qui ont la conscience phonologique la plus efficiente, la mieux spécifiée (suite notamment à une implantation cochléaire précoce) sont également ceux qui lisent le mieux. Comme le montrent nos données, la lecture labiale est médiatrice de l'accès aux unités phonologiques et favorise le développement de la conscience phonologique. Néanmoins, rappelons que ce sont les sourds qui possèdent les moins bonnes perceptions auditives qui semblent s'appuyer le plus sur la lecture labiale dans notre étude.

En outre, comme suggéré dans de nombreuses études, les facteurs visuo-orthographiques et visuo-attentionnels sur la lecture ne doivent pas être sous-estimés (Bosse et al., 2015; Ginestet et al., 2020b; Pacton et al., 2018; Sabatier et al., 2024; Simon, M., et al., 2019; Tucker et al., 2016; Valdois et al., 2021; Valdois, Roulin, et al., 2019). L'EVA aurait autant de poids que la CP sur cette acquisition dans notre modèle. Aucune donnée n'est disponible sur l'EVA chez les S.Or mais des études précédentes relevaient le large champ d'influence de l'EVA sur l'écrit chez les entendants (sur les pseudomots, sur l'orthographe, sur la vitesse de lecture par exemple). De ce fait, proposer dans des analyses complémentaires un modèle plus riche quant aux variables de lecture intégrées permettrait de confirmer le poids de l'EVA chez les enfants S.Or.

La création de modèles individualisés pour chaque groupe prenant en compte un plus large éventail de variables de lecture (vitesse en lecture de mots, lecture de phrases) et de prédicteurs (conscience phonémique de la LV, conscience phonologique cross-modale, conscience phonologique paramétrique, etc.) permettrait de mieux cerner les facteurs en jeu dans la reconnaissance lexicale écrite et plus largement, dans la lecture (pour des exemples, voir en Annexe 10, section 7). En outre, compte-tenu de notre petit échantillon dans chaque groupe, nos résultats seront nécessairement à confirmer également sur une plus large population à l'avenir.

Chapitre III : Résumé des principaux résultats

En nous appuyant sur le modèle à voie unique BRAID-Acq (Steinheilber, 2023), nous avons conduit une étude cherchant à définir le poids des compétences phonologiques et visuo-attentionnelles à travers la conscience phonologique et l'EVA, chez des enfants sourds aux profils linguistiques et auditifs différents. Nous avons ainsi comparé trois groupes d'enfants scolarisés du CE2 au CM2 : i) des enfants sourds oralisants, implantés ou appareillés, qui apprennent à lire avec des méthodes basées principalement sur la phonologie, ii) des enfants sourds signants, qui n'ont pas accès à la LV et n'apprennent pas à lire avec des méthodes basées sur la phonologie, et iii) des enfants entendants bénéficiant d'un enseignement traditionnel de la lecture. Un protocole de tests comprenant des épreuves de conscience phonologique rimique, d'EVA, de lecture de mots et d'autres prédicteurs de la lecture leur ont été proposés.

1. Conscience Phonologique et EVA chez les enfants E, S.Or et S.Si.

Notre première série d'analyses portait sur les différences en CP et EVA des trois groupes d'enfants. Elle vérifiait également les mécanismes phonologiques en lecture (à travers la sensibilité à l'homophonie et les erreurs phonologiquement plausibles) entre les E, S.Or et S.Si.

En CP, les résultats montrent que, chez les enfants E, les scores atteignent des niveaux élevés et plafonnent. La réussite à la détection de rimes dépend surtout de leur accès à la phonologie auditive et à leurs représentations orthographiques, plutôt que de la lecture labiale. Les enfants S.Or atteignent également des niveaux élevés en détection de rimes. Ils s'appuient principalement sur leur audition pour détecter les rimes, surtout lorsqu'ils ont une bonne récupération auditive. Ceux qui ont un moins bon accès auditif s'appuient plus que les autres sur la lecture labiale. La réussite en CP des enfants S.Or est ainsi corrélée à leur niveau d'audition, à la lecture labiale mais pas à l'orthographe. En revanche, les enfants S.Si échouent plus souvent que leurs pairs S.Or ou E en détection de rimes. Ils répondent au hasard dans la condition phono-orthographique mais pas en condition phonologique ou phono-labiale. Leur conscience rimique n'est pas corrélée à leur niveau de lecture labiale, qui est plus faible que celui des autres groupes. Bien qu'ils soient dans des environnements éducatifs qui encouragent les fonctionnements visuo-orthographiques, leur performance en détection de rimes ne montre pas de corrélation avec leur compétence orthographique, très faible également. Ainsi, chez les S.Si aucun lien spécifique de corrélation n'existe entre lecture labiale ou l'orthographe et la CP. Cependant, un lien semble exister entre l'orthographe et la lecture labiale.

En EVA, les enfants E obtiennent des scores plus élevés en EVA total et RG par rapport aux enfants sourds (S.Or et S.Si). Les trois groupes ne se différencient pas en RP. Sur le plan qualitatif, en RG les scores par positions des E sont supérieurs à ceux des S.Or et S.Si, qui eux ne se différencient pas. Les fonctionnements sont similaires entre les trois groupes mais quantitativement plus faibles sur chaque position à l'avantage des E puis des S.Or et enfin des S.Si. En RP, au niveau qualitatif, les scores des E sont supérieurs sur chaque position que ceux des S.Si, néanmoins proches des E. Les S.Or ont des résultats très variables et la particularité d'échouer sur la position P4 par rapport aux autres groupes.

Des épreuves de lecture, choisies pour évaluer **les processus phonologiques**, confirment que les enfants E et S.Or sont plus performants que les S.Si sur les deux tâches (décision orthographique et décision homophonique). En effet, ils commettent significativement moins d'erreurs (PPL + NPPL) que leurs pairs S.Si et montrent des scores significativement plus élevés que ceux des S.Si sur les pseudomots (PM_TOT). En revanche, les patterns de performances sont différents selon les groupes considérés et selon les tâches : les enfants E montrent un usage plus marqué de la voie phonologique (Erreurs PPL > NPPL) et une sensibilité à l'homophonie probablement masquée par l'effet de fréquence lexicale orale. Chez les enfants S.Or, les résultats sont plus modérés. Ils utilisent la voie phonologique de lecture mais moins que les E (erreurs PPL = NPPL) et se montrent sensibles à l'homophonie qui n'est pas modulée par la fréquence. Cela pourrait indiquer qu'ils sont donc sensibles à l'homophonie, mais peinent à identifier le sens des mots homophones et accordent plus d'importance à la forme orthographique que les E. Les enfants S.Si utilisent peu la voie phonologique de lecture (erreurs PPL < NPPL) et répondent au hasard en condition PM_H rendant impossible l'interprétation de la sensibilité à l'homophonie. Notons, qu'ils ont des scores PM_NH significativement inférieurs aux deux autres groupes.

2. Identification des profils de lecteurs

L'objectif de cette partie des analyses était d'observer les profils de lecteurs et les spécifier selon leurs compétences de conscience phonologique, selon d'autres prédicteurs de la lecture et selon leur langue.

A partir de 3 clusters de lecteurs (1 : fragile, 2 : habile, 3 : intermédiaire), nous avons observé **la répartition des E, S.Or, S.Si** selon leur précision et vitesse en décision orthographique de mots. Les lecteurs les plus habiles (précis et rapides en identification de mots écrits) sont majoritairement des enfants E et S.Or mais aussi 3 S.Si. Les lecteurs intermédiaires (relativement précis mais lents en identification de mots écrits) constituent un groupe linguistique hétérogène d'enfants E, S.Or et S.Si.

Par conséquent, dans ce cluster intermédiaire, la répartition ne dépend pas de la langue. Enfin, les lecteurs les plus fragiles (peu précis et lents en identification de mots) sont majoritairement des S.Si. Trois S.Or et deux E font également partis de ce groupe de lecteurs.

Les différences entre clusters montrent que les enfants inclus dans le cluster des lecteurs habiles sont significativement plus performants en CP et en EVA que ceux du cluster des lecteurs fragiles. Le cluster des lecteurs intermédiaires se différencie du cluster des lecteurs habiles par une vitesse de décision en CP plus lente. Ils ont aussi un EVA plus réduit, notamment en RG. Chez les lecteurs habiles, il existe toutefois une forte variabilité dans les scores de CP. Ainsi, 10 enfants possèdent un profil cognitif différent du reste de leur groupe : leurs scores de CP sont significativement plus faibles que ceux des autres lecteurs habiles alors que leurs scores d'EVA sont équivalents au reste du groupe. Il s'agit des 3 S.Si, de 1/3 des S.Or (n=5) et de 2 E.

Concernant les autres prédicteurs de la lecture, les enfants des trois clusters ne se différencient pas en mémoire de travail ni en RAN. En revanche, les meilleurs lecteurs ont des scores significativement plus élevés en lecture labiale que les lecteurs fragiles. De plus, le cluster des lecteurs habiles comporte significativement plus d'enfants évalués avec un bon niveau de maîtrise de leur L1 que les autres clusters.

Les différences à l'intérieur des clusters (Tab.42) montrent que **les lecteurs fragiles** E et S.Or ont des scores de CP supérieurs aux S.Si. En revanche, en EVA, les scores des 2 E sont supérieurs à ceux des 3 S.Or et des 14 S.Si. Les 3 S.Or possèdent les scores les plus faibles en EVA. Chez **les lecteurs habiles**, les scores en décision de rimes sont plus bas et les vitesses plus ralenties pour les 3 S.Si que pour les E et S.Or. Les scores de CP des E et S.Or ne se différencient pas mais les E sont plus rapides que les S.Or sur cette tâche. En EVA, les E et S.Or habiles lecteurs ne se différencient pas et obtiennent des scores légèrement supérieurs aux 3 S.Si (mais pas de test statistique applicable aux S.Si). Plus précisément en RG, les scores sont plus chutés par les sourds, notamment signants, que les entendants mais les différences sont moins fortes entre S.Or et E qu'avec les 3 S.Si. En RP, les S.Or ont des scores particulièrement chutés en P4 par rapport aux autres groupes. **Les lecteurs intermédiaires** (vitesse CP et EVA plus réduits) E et S.Or obtiennent des scores plus élevés que les S.Si en CP et les E sont plus rapides que les S.Or eux-mêmes plus rapides que les S.Si sur cette tâche. En EVA, E, S.Or et S.Si ne se différencient pas significativement.

Des modèles à facteurs multiples intégrant des variables spécifiques selon la langue devront être menés pour estimer le poids de ces facteurs.

	Test statistique	CP	EVA
Lecteurs fragiles	Non : 2 E, 3 S.Or	$E=S.Or > S.Si$	$E > S.Si > S.Or$
Lecteurs habiles	Oui : S.Or et E Non : 3 S.Si	$E=S.Or > S.Si$ (mais E plus rapides)	$E=S.Or > S.Si$ (S.Or= RG+/- et S.Si=RP+)
Lecteurs intermédiaires	Oui : tous	$E=S.Or > S.Si$ (mais E plus rapides)	$E=S.Or=S.Si$

Tableau 41 : Résumé des principaux résultats des enfants E, S.Or et S.Si en CP et EVA selon le cluster de lecture (fragile, habile, intermédiaire)

3. Prédicteurs de la lecture chez les E, S.Or et S.Si

Pour mieux comprendre les différences en EVA et CP selon le niveau de lecture et la langue des participants, nous avons engagé des analyses visant à établir **le poids de la CP et de l'EVA sur la lecture des enfants de CE2 au CM2 de notre étude. Nous utilisons également les autres prédicteurs mesurés afin d'éventuellement modérer le poids de nos variables d'intérêt selon ces prédicteurs.**

Les comparaisons de groupes sur les autres prédicteurs que la CP ou EVA révèlent que les E, S.Or et S.Si ne se différencient pas significativement en RAN, en mémoire de travail ni selon le niveau de L1. Seule la lecture labiale différencie les groupes : Les enfants S.Or ont des scores de lecture labiale significativement supérieurs aux E qui eux-mêmes ont des scores supérieurs aux S.Si.

Les corrélations confirment un lien entre lecture de mots et respectivement EVA, CP, Niveau de langue et lecture labiale. Toutefois, le niveau de langue est intercorrélé avec beaucoup d'autres variables et pourrait avoir un effet masquant.

Un modèle général linéaire confirme l'influence de l'EVA, du niveau de langue et de l'appartenance à un groupe linguistique chez tous les participants. L'effet de la lecture labiale et de la CP dépendrait du groupe considéré.

La comparaison de 5 modèles linéaires hiérarchiques (niveau de langue exclus étant donné ses nombreuses intercorrélations avec les autres variables) montre le poids majeur de la CP et de l'EVA chez tous les participants. Ils expliquent ensemble 54.4% de la variance en lecture. Lecture labiale et appartenance à un groupe apportent chacun une part explicative supplémentaire aux performances de lecture de mots. En revanche, ni l'âge des lecteurs, ni le RAN ou la mémoire de travail n'apportent de part explicative supplémentaire aux compétences de lecture dans ces modèles.

Enfin, **les modèles en pistes causales** permettent d'isoler le poids des facteurs CP, EVA et lecture labiale sur la lecture de mots écrits selon les groupes E, S.Or, S.Si. Ainsi, chez les E, 32.66% de la variance en lecture s'explique par la CP et l'EVA mais seul l'EVA a un poids significatif sur la lecture de mots. Chez les S.Or, 48.83% de la variance en lecture s'explique par la CP et l'EVA et ces deux facteurs ont un poids équivalent sur la lecture de mots. La CP est médiatisée par la lecture labiale. Chez les S.Si, 34.55% de la variance en lecture s'explique par l'EVA et la CP mais seul l'EVA a un poids significatif sur la lecture de mots. En revanche, la lecture labiale influence directement la lecture de mots mais pas la CP. Le poids de la lecture labiale est légèrement supérieur à celui de l'EVA.

PARTIE III.

Discussion Générale

Nous avons déjà évoqué dans chacune des discussions intermédiaires la place de la conscience phonologique et des processus phonologiques, de l'EVA et le poids de ces compétences sur la lecture des enfants sourds. Cette discussion générale propose de reprendre les principales positions affichées par la littérature scientifique sur ces questions et de les comparer à nos résultats pour enrichir les connaissances sur ce sujet.

1. De la conscience phonologique vers les processus phonologiques de lecture chez les sourds et les entendants

Chez l'entendant la conscience phonologique est l'un des prédicteurs principaux de l'entrée dans la lecture (Melby-Lervåg et al., 2012). En cas de surdité, l'accès phonologique est limité et extrêmement discuté. Il dépend des profils d'enfants sourds, de la conception théorique de la phonologie et des tâches demandées.

Chez les sourds oralisants, la conscience phonologique est un prédicteur clé de la réussite en lecture (Dillon & Pisoni, 2004; Hirshorn et al., 2015; Wass et al., 2010; Webb et al., 2015) tout comme chez les entendants. La trajectoire développementale de la conscience phonologique semble suivre celle des entendants mais retardée dans le temps. Pour développer leur conscience phonologique, les enfants sourds oralisants s'appuient sur la récupération auditive via les appareillages, notamment les implants cochléaires (Ching et al., 2014; Colin et al., 2017; James et al., 2008; Spencer & Oleson, 2008). Ils renforcent également leurs compétences dans ce domaine grâce à l'apprentissage explicite du décodage (Nittrouer et al., 2018) et spécifient mieux les unités de la conscience phonologique via la lecture labiale, notamment lorsqu'elle est couplée à la LfPC (Buchanan et al., 2020; Colin et al., 2013, 2017; Kyle & Harris, 2011; Machart, 2022). L'orthographe peut également aider à la spécification des représentations phonologiques (Harris & Moreno, 2004). Les unités d'appui pour la lecture peuvent être les mêmes que chez l'entendant mais des fragilités perdurent au niveau phonémique. La rime sonore pourrait être un prédicteur fort de la lecture (James et al., 2009).

Chez les sourds bimodaux la conscience phonologique de la langue vocale pourrait jouer un rôle important dans les acquisitions précoces de lecture (Ormel et al., 2022) alors que chez les sourds intramodaux, son développement pourrait dépendre du contexte linguistique dans lequel vit le signeur. L'accès à la syllabe et à la rime serait possible chez les signants ou bimodaux par le biais de stratégies visuo-labiales et/ou orthographiques (Charlier & Leybaert, 2000; Colin et al., 2013; Sterne & Goswami, 2000; Transler et al., 1999). Toutefois, les sourds natifs parviendraient peut-être plus

difficilement à accéder aux unités visuo-labiales de la LV que les sourds non natifs (Cates et al., 2022). Certains auteurs réfutent l'accès possible à des unités sublexicales sensorielles visuo-labiales chez les sourds signants (McQuarrie & Parrila, 2009). En effet, le cas des sourds intramodaux devrait être individualisé car ces lecteurs établiraient des connexions directes entre la forme orthographique et le sens, sans passage par la phonologie de la LV. Ces chercheurs défendent donc l'absence d'accès à la phonologie de la LV chez les sourds signants, non appareillés, non implantés (Caldwell-Harris & Hoffmeister, 2022).

Dans notre étude, nous avons tenté de suivre le principe de la phonologie sensorielle (rimes multimodale phonologique, phono-visuelle et phono-orthographique) pour mettre à jour l'accès aux unités phonologiques de la LV, que l'on sait prédictif de la lecture.

Nos résultats suggèrent un faible développement de la conscience phonologique **chez les enfants S.Si** par rapport aux enfants E et S.Or (McQuarrie & Parrila, 2009; Sehyr & Emmorey, 2022a). Elle serait, en effet, conditionnée à un apprentissage explicite via un entraînement rééducatif, via des méthodes phonologiques d'enseignement de la lecture, via un apprentissage de la lecture labiale soutenue avec la LfPC. Ainsi, en accord avec les résultats de l'étude de McQuarrie et Parilla (2009, 2014), les lecteurs sourds intramodaux signants et natifs, pour la plupart des enfants de notre étude, n'ont visiblement que peu (ou pas encore) développé de compétences fines dans ce domaine que ce soit par un appui sur l'orthographe ou la lecture labiale. En effet, compte-tenu du très faible niveau d'orthographe et de lecture labiale de ces enfants, il est attendu qu'ils ne puissent pas s'appuyer sur ces stratégies. Une étude longitudinale pourrait renseigner de manière plus fine l'existence et l'évolution des compétences de CP visuo-labiales et orthographiques lorsque l'apprentissage de la lecture est réalisé via une méthodologie visuo-sémantique. Il est possible que les études qui défendent l'existence de la conscience phonologique ou de processus phonologiques chez les enfants signants s'appuient plutôt sur des profils d'enfants bimodaux et/ou signants probablement plus âgés (Blythe et al., 2018; Camarena, 2022) ou encore sur des adultes signants (C. Colin et al., 2013; MacSweeney et al., 2013), vivant dans des contextes à forte utilisation de la LV auxquels ils sont obligés de s'adapter, même s'ils sont bilingues intramodaux. Nous rejoignons, en ce sens, Cates et al. (2022) qui proposaient que les sourds non natifs accèdent mieux à la conscience phonologique que les sourds natifs. C'est d'ailleurs ce que suggèrent les différences de profils entre les 3 sourds signants lecteurs habiles de notre étude que nous avons évoquées précédemment (voir Analyses II, 4.discussion intermédiaire, p. 248). L'enfant sourd non natif double ses scores en CP en condition labiale par rapport aux deux enfants sourds natifs, pour lesquels aucune amélioration n'est constatée entre la condition phono-labiale et la condition phonologique seule. Les scores des trois enfants S.Si habiles lecteurs restent toutefois aussi faibles que

ceux des lecteurs fragiles S.Si et plus faibles que ceux de leurs pairs oralisants ou entendants de même niveau de lecture et ce, quel que soit le profil natif ou non natif considéré.

Néanmoins, notre recherche, via les modèles en pistes causales, pointe un fait important chez les signants : le poids important de la lecture labiale, non pas en lien avec la conscience phonologique mais en lien avec l'accès lexical écrit. En d'autres termes, l'accès lexical en lecture labiale renforce l'accès lexical écrit chez les sourds signants intramodaux. Bogliotti et Isel (2021) avaient déjà montré que la lecture labiale était utilisée comme un support de l'accès lexical en LSF et McQuarrie et Parilla (2014) avaient critiqué l'interprétation de certains résultats d'études en phonologie sensorielle, en invoquant des résultats liés à la reconnaissance lexicale (et non sublexicale) en lecture labiale. Nos résultats semblent, en effet, cohérents avec l'hypothèse d'une reconnaissance lexicale labiale favorisant la reconnaissance lexicale écrite. Ainsi, les sourds intramodaux qui apprennent à lire sans phonologie activeraient, lors de l'identification des mots écrits, le sens du signe lexical LSF via la lecture labiale. De fait, meilleure serait la lecture labiale lexicale, meilleure serait l'activation du sens des mots qu'ils reconnaissent par voie lexicale à l'écrit. En revanche, la place de la lecture labiale n'est pas la même chez les sourds oralisants.

Chez les enfants qui développent la LV, la conscience phonologique s'appuie sur leur audition en premier lieu, comme l'ont montré Colin et al. (2017). Ils sont plus lents pour prendre leur décision rimique que leurs pairs entendants. Comme suggéré par Herran et al. (2023), la lenteur de traitement en mémoire de travail peut expliquer certaines différences entre sourds oralisants et entendants au niveau phonologique. La vitesse de traitement ne devrait donc pas être négligée dans de futures études car même si les scores de conscience rimique sont similaires entre entendants et sourds oralisants, nos résultats montrent que c'est la variable temporelle qui peut souligner la fragilité de la conscience phonologique des enfants sourds oralisants par rapport aux entendants. Par ailleurs, d'après nos résultats, ce sont ceux qui ont les moins bonnes perceptions qui développent le moins la conscience phonologique et s'aident le plus de la lecture labiale, en compensation. Cela correspond aux travaux de Pimperton et al. (2017) sur la compensation perceptive adulte, expliquant que les sourds oralisants ont un meilleur accès lexical en lecture labiale que les entendants mais aussi qu'une implantation précoce est associée à des scores de lecture labiale plus faibles qu'une implantation tardive (et inversement). Ainsi, nos résultats confirment bien que les S.Or s'appuient sur leur audition et sur la lecture labiale, lorsque l'audition est insuffisante. Néanmoins, tous les S.Or de notre recherche privilégient la lecture labiale aux représentations orthographiques, bien que leur niveau soit relativement élevé en orthographe. Ces résultats incitent donc à souligner le bénéfice que peut apporter la LfPC pour spécifier la lecture labiale et la conscience phonologique (LaSasso et al., 2003; Leybaert et al., 2010). Ce bénéfice est, selon nous, double : sur la perception et sur la production de la

LV. En effet, pour articuler les phonèmes de la LV, les enfants sourds oralisants s'appuient sur leurs perceptions auditives et visuo-labiales mais ont besoin d'indices phonologiques supplémentaires que la LfPC peut leur apporter (Machart, 2022). C'est ainsi que, dans l'objectif de vocalisation de la langue, ils utilisent des schèmes moteurs acquis grâce à leurs perceptions même imparfaites, leurs connaissances visuo-labiales et visuo-tactiles renforcées par la LfPC. Ces schèmes moteurs, de nature sous-lexicale, forgent l'accès à la conscience phonologique ultérieure. C'est probablement une des raisons pour lesquelles nos modèles en pistes causales indiquent que la conscience phonologique est médiatisée par la lecture labiale chez les sourds oralisants mais pas chez les sourds intramodaux. Les enfants sourds oralisants qui possèdent le moins de perceptions auditives bénéficieraient d'un accès phonémique, syllabique et lexical à la lecture labiale favorisant le développement de la conscience phonologique et permettant l'accès au décodage.

Les enfants E s'appuient principalement également sur leur audition. La lecture labiale n'apparaît ni comme prédicteur de la lecture de mots ni comme médiateur de la conscience phonologique dans notre étude contrairement aux travaux de Buchanan et al. (2020). En revanche, les corrélations réalisées en analyses complémentaires montraient des liens entre leur niveau d'orthographe et les conditions CPn et CPo de conscience phonologique. On ne peut cependant pas conclure à une causalité via des corrélations mais on ne peut pas exclure non plus l'hypothèse que les E activent leurs représentations orthographiques des mots en tâche de conscience rimique. En définitive, nos résultats peuvent être nuancés en considérant l'âge des participants, plus âgés que dans l'étude de Buchanan et al. (2020). En début d'apprentissage de la lecture, l'appui sur la lecture labiale pourrait être plus important puisque les représentations orthographiques sont plus limitées et par la suite, les représentations orthographiques pourraient jouer un rôle plus important. Comme montré par les travaux initiaux de Worster et al. (2018), nous soutenons que chez les enfants entendants, en fin de primaire, la lecture labiale n'est pas inutile mais a un poids plus relatif que chez les enfants sourds sur la conscience phonologique. Il faudrait néanmoins l'évaluer avec des tâches multiples de lecture labiale et non une seule tâche lexicale (comme dans notre étude) ou une seule tâche de compréhension de phrases quotidiennes comme proposée par Buchanan et al. (2020).

Pour ces raisons, l'hypothèse (H1.1) d'une moindre réussite en CP chez les sourds signants par rapport aux entendants et sourds oralisants nous semble validée. D'autre part, il semble assez net que les enfants sourds oralisants s'appuient effectivement plus sur l'aide phono-labiale et moins sur l'aide phono-orthographique. Toutefois, ils se saisissent de l'aide phono-labiale uniquement lorsque leur récupération auditive est plus fragilisée (H1.2). En revanche, contrairement à ce que nous prévoyions, les enfants S.Si ne s'appuient pas sur l'orthographe pour décider de la rime compte tenu de leur faible stock lexical écrit. Ils développent peu la conscience phonologique (H1.3).

Ce prérequis à la lecture qu'est la conscience phonologique serait précurseur des processus phonologiques ultérieurs. Chez les enfants sourds, les mécanismes de lecture varient en fonction de leur mode de communication et de leur accès auditif (Leybaert & Alegria, 1995).

Les enfants sourds oralisants utilisent les processus phonologiques mais de manière fragile (Bouton, 2010; Harris & Terlektsi, 2011), souvent compensés par des stratégies visuo-orthographiques (Amenta et al., 2021; Sabatier et al., 2024; Simon, M., et al., 2019). Bien que les implants cochléaires et aides auditives améliorent la perception auditive, ils ne suffisent pas toujours à acquérir les compétences phonologiques nécessaires à l'automatisation du décodage à l'écrit, entraînant une lecture plus lente et plus laborieuse des mots irréguliers par rapport aux enfants entendants (Leybaert & Domínguez, 2012).

En revanche, les sourds signants démontrent une faible sensibilité phonologique, sont plus sensibles à la fréquence et semblent s'appuyer majoritairement sur des stratégies visuelles et sémantiques pour reconnaître les mots (Caldwell-Harris & Hoffmeister, 2022; Morford et al., 2011; Ormel, 2008; Sutcliffe et al., 1999). Les recherches montrent également qu'ils commettent plus souvent des erreurs NPPL que PPL et qu'ils sont peu sensibles à l'homophonie (Cooley & Quinto-Pozos, 2023; Costello et al., 2021). Néanmoins, d'autres recherches avancent des arguments inverses. Elles suggèrent que les activations phonologiques, bien que limitées, existent aussi chez les sourds signants en lecture notamment chez les plus jeunes lecteurs qui utilisent une LS (Blythe et al., 2018; Camarena, 2022; Domínguez et al., 2014; Transler & Reitsma, 2005). Le débat n'est donc pas tranché mais l'hétérogénéité des profils des enfants sourds (bimodaux/intramodaux) pourrait partiellement expliquer ces divergences.

Nos résultats montrent, comme pour la conscience phonologique, que **les sourds signants** accèdent peu aux processus phonologiques. En décision homophonique, ils répondent au hasard. Ils commettent également beaucoup moins d'erreurs PPL que NPPL en décision orthographique. Cela suggère un faible recours aux processus phonologiques en lecture. Le fait que nos stimuli NPPL sont des mots visuellement proches des cibles mais que beaucoup de ces mots ont été choisis par les S.Si suggèrent qu'ils utilisent ainsi plus la voie lexicale. Peleg et al. (2020) avaient, en effet, démontré le recours aux processus orthographiques et non phonologiques chez les sourds signants en décision lexicale entre des homographes, homonymes ou mots sans ambiguïté. Toutefois, cette voie lexicale est encore peu précise chez les enfants que nous avons rencontrés. Ils sont particulièrement sensibles

au voisinage orthographique (Meade et al., 2019) par rapport à leurs pairs sourds oralisants et entendants.

Chez les enfants **sourds oralisants**, nous évoquons un appui sur la lecture labiale chez les enfants qui possèdent le moins d'accès auditif et connaissent le plus de difficultés à accéder à la conscience phonologique. Ils sont aussi plus lents que les entendants pour faire leur choix en décision de rimes. Ces « fragilités » dans l'accès à la phonologie sont aussi retrouvées en lecture. Ils font plus d'erreurs sur les pseudohomophones que sur les autres pseudomots, ce qui montre une utilisation de la voie phonologique de lecture (sensibilité homophonique). Cependant, contrairement aux entendants, ils ne commettent pas majoritairement des erreurs PPL. Ces différents résultats incitent donc à penser, comme Sabatier et al. (2024), que les enfants sourds oralisants utilisent la voie phonologique mais de manière moins systématique que leurs pairs entendants. Ils ont aussi une sensibilité au voisinage orthographique légèrement plus élevée que **les entendants**. Chez ces derniers, la sensibilité à l'homophonie est masquée par un effet de fréquence lexicale des mots de base. En revanche, en décision orthographique, ils commettent peu d'erreurs et celles-ci sont majoritairement PPL indiquant une utilisation importante et maîtrisée de la voie phonologique.

D'une part, nos résultats montrent une cohérence entre les performances en conscience phonologique et les processus phonologiques selon le profil linguistique. Chez les enfants sourds signants, on observe des difficultés d'accès à la rime et une utilisation réduite des processus phonologiques en lecture. En revanche, chez les enfants sourds oralisants, l'accès à la rime est moins problématique bien que marqué par une certaine lenteur. Leurs processus phonologiques en lecture sont possibles mais légèrement moins efficaces que chez les entendants, comme en témoigne leur répartition égale des erreurs PPL et NPPL, alors que les entendants montrent un nombre plus élevé d'erreurs PPL. Chez les enfants entendants, le test de décision rimique plafonne, et l'accès aux processus phonologiques est très marqué.

D'autre part, ces résultats sont cohérents avec les études antérieures montrant une faible utilisation des processus phonologiques par les enfants signants, qui tendent à commettre davantage d'erreurs NPPL que PPL et à répondre au hasard aux conditions homophoniques dans les tâches de décision homophonique (Daigle et al., 2020; Ormel et al., 2010; Plisson et al., 2010). Chez les adultes sourds signants, l'étude de Costello et al. (2021) montre une absence de différence entre pseudohomophones et pseudomots en décision lexicale, avec des scores globalement faibles. Dans notre étude, bien que cette différence ne puisse être explorée, les enfants sourds signants répondent au hasard dans la condition homophonique, soutenant cette tendance. Daigle (2020) explique cette difficulté chez les sourds signants sans accès à la LV, qui peinent à juger de la similarité phonologique d'un mot avec un

autre (« est-ce que ça sonne bien ? »), menant aux réponses aléatoires constatées en décision homophonique. La différence avec Costello et al. (2021) pourrait résulter de l'accès encore plus réduit à la LV chez les enfants par rapport aux adultes. Comme nous l'avons déjà évoqué, il est possible que les études contradictoires sur l'accès phonologique chez les signants incluent des enfants ayant une certaine maîtrise de la LV, utilisant des méthodes d'apprentissage phonologiques, ou étant sourds non natifs. Beech et Harris (1997) ainsi que Waters et Doehring (1990) ont montré que le codage phonologique était possible mais limité chez les enfants sourds oralisants et bimodaux. Nos résultats indiquent que les enfants sourds oralisants sont sensibles à l'homophonie, conformément aux observations de Beech et Harris (1997). Cependant, contrairement aux prédictions de Daza et al. (2014) et de Transler & Reitsma (2005), qui attendaient un effet d'homophonie plus faible chez les enfants sourds qu'entendants, nous n'observons pas cette différence. Nos résultats révèlent plutôt que chez les entendants, la fréquence des mots de base réduit l'effet d'homophonie (Farioli et al., 2011; Ziegler et al., 2001), alors que pour les enfants sourds oralisants, la sensibilité à l'homophonie demeure, indépendamment de la fréquence des mots de base.

Ces observations suggèrent que, contrairement aux entendants dont les réponses homophoniques sont influencées et facilitées par la fréquence des mots, les enfants sourds oralisants ne bénéficient pas de cet effet de fréquence. Le fait que l'orthographe des pseudohomophones s'écarte fortement du mot de base (e.g. phantasma pour fantôme) pourrait défavoriser la reconnaissance des pseudohomophones, réduisant ainsi l'influence de la fréquence pour les enfants sourds. Cela indiquerait que, plus que les entendants, les enfants sourds oralisants s'appuient sur des indices visuo-orthographiques pour identifier des mots qui "ressemblent" à des mots familiers, sans être influencés par la fréquence des mots de base. Cette hypothèse accrédite l'idée que les enfants sourds oralisants se reposent plus que les entendants sur l'orthographe pour reconnaître des mots. Cette tendance est également corroborée par l'analyse des erreurs NPPL et PPL en décision lexicale : chez les entendants, les erreurs PPL sont plus nombreuses que les NPPL ($PPL > NPPL$), tandis que chez les sourds oralisants, elles sont de même niveau ($PPL = NPPL$). Bien que notre méthodologie diffère de celle de Sabatier et al. (2024), nos résultats convergent vers l'idée que les sourds oralisants utilisent plus que les entendants des stratégies visuo-orthographiques au regard du type d'erreurs commises.

En l'état, l'hypothèses (H1.4) selon laquelle les S.Si utiliseraient moins la lecture par voie phonologique en tâche de décision orthographique et seraient moins sensibles à l'homophonie des pseudomots que les S.Or et les E est donc vérifiée. Néanmoins, les sourds oralisants semblent légèrement moins maîtriser les processus phonologiques de lecture que leurs pairs entendants.

Ces résultats amènent à considérer plus finement le profil des enfants sourds pour comprendre comment ils lisent.

2. Empan visuo-attentionnel et identification de mots chez les sourds et les entendants

D'après la littérature scientifique, les enfants sourds oralisants sont capables d'utiliser des processus phonologiques mais moins efficacement que les entendants (Bouton, 2010 ; Domínguez et al., 2019). Amenta et al. (2021) notent que ces enfants ont des performances comparables aux entendants en lecture de mots, mais avec une lenteur spécifique sur les mots rares. Ils semblent compenser une voie phonologique moins robuste par une activation lexicale plus systématique, s'appuyant sur des caractéristiques orthographiques pour contourner les difficultés de décodage. Sabatier et al. (2024) soulignent que les sourds oralisants commettent moins d'erreurs PPL et affichent de meilleures performances en décision orthographique que les entendants. Cela suggère qu'ils privilégient la reconnaissance visuelle des mots plutôt qu'une activation phonologique. De plus, ils rencontrent des difficultés en transcription en raison d'une charge cognitive élevée lorsqu'il s'agit d'activer des formes orthographiques sans indices visuels.

Les enfants sourds signants, quant à eux, montrent peu d'utilisation de processus phonologiques pour l'identification des mots écrits mais utilisent des processus orthographiques (Bélangier, Slattery, et al., 2012; Bélangier & Rayner, 2013, 2015; Cooley & Quinto-Pozos, 2023; Peleg et al., 2020). Ils réagissent plus rapidement aux mots réels qu'aux chaînes de consonnes, utilisant un traitement visuel basé sur la forme des lettres (Gutierrez-Sigut et al., 2022; Lee et al., 2022). Leur choix de mots repose principalement sur des représentations orthographiques et sémantiques, impliquant une activation lexicale sans recours systématique à la phonologie (Bélangier et al., 2013; Costello et al., 2021). Ils pourraient particulièrement s'appuyer sur des indices visuo-spatiaux en lecture, liés à un traitement hémisphérique droit (Assor et al., 2020) ainsi que sur leurs compétences visuo-attentionnelles, liées à l'implications des zones pariétales et frontales, pour développer des formes orthographiques de mots (Wang et al., 2021). Enfin, en lecture de phrases, ils utilisent des processus visuels liés à leur EVP (Bélangier et al., 2018; Bélangier, Slattery, et al., 2012; Bélangier & Rayner, 2015).

Alors que l'EVA est un empan visuo-attentionnel explicatif des acquisitions des représentations orthographiques et malgré les constats effectués sur la lecture des enfants sourds, aucune étude ne s'était intéressée à l'EVA en cas de surdité, à notre connaissance.

Les résultats que nous avons obtenus en EVA indiquent un avantage systématique des enfants entendants par rapport à leurs pairs sourds. De ce fait, on peut supposer que la quantité d'attention visuelle disponible pour appréhender un nombre suffisant de graphèmes (Valdois et al., 2021) pour accéder à une forme lexicale précise n'est pas suffisante chez les lecteurs sourds. Ils ne peuvent donc déployer leur attention efficacement sur l'ensemble du mot. Ces résultats plaident dans le sens d'un traitement fovéal plus limité dans cette population (Tao et al., 2019), même sur des mots isolés. Toutefois, les enfants signants ne pouvant pas basculer en assemblage, car ne pouvant pas assurer une conversion grapho-phonémique, activeraient plus systématiquement la voie lexicale même lorsqu'ils ont peu d'indices pour reconnaître un mot. Ils seraient de ce fait plus sensibles au voisinage orthographique (Meade et al., 2019), à la fréquence des mots (Bélanger & Rayner, 2013), et procéderaient probablement par cumul de preuves visuelles (et sémantiques lorsqu'un contexte est présent). Les enfants oralisants parviendraient à utiliser la voie phonologique, seraient plus lents mais les incertitudes phonologiques seraient plus importantes chez ces enfants que chez les entendants. Ils feraient un choix entre vitesse et précision et pourraient tenter d'activer la voie lexicale de manière compensatoire (Sahlén et al., 2008).

Nos données montrent que les enfants entendants (E) perçoivent en moyenne 4.4 caractères simultanément lors d'une fixation oculaire, tandis que les enfants sourds oralisants et signants affichent des scores significativement inférieurs, avec respectivement 4.02 et 3.87 caractères. Cette différence révèle une capacité plus réduite chez les enfants sourds à traiter l'information orthographique, ce qui peut fragiliser l'accès à la voie lexicale. Dans les tâches de Report Global (RG), les enfants entendants parviennent à redonner les cinq lettres d'une séquence plus fréquemment ($M = 11,10/20$) que les S.Or et les S.Si, qui obtiennent respectivement des moyennes de 7.82/20 et 3.74/20. Ces performances supérieures des entendants indiquent non seulement une capacité à percevoir plus de lettres simultanément, mais aussi une meilleure efficacité dans la mémorisation des séquences orthographiques. Cette différence n'est pas attribuable à des écarts en mémoire de travail, dont les scores sont équivalents entre les trois groupes.

Un EVA « fonctionnel » implique une attention suffisante portée aux chaînes de caractères impliquant de bonnes performances à la fois en RG et en RP, comme le soulignent Bouvier-Chaverot et al. (2012) ou Valdois (2022). Nos résultats montrent que les S.Or et S.Si rencontrent plus de difficultés en RG qu'en RP. Ceci est en accord avec la littérature, qui indique que les enfants en difficulté de lecture affichent souvent des scores plus faibles en RG qu'en RP (Saksida et al., 2016; Zoubrinetzky et al., 2016).

Nous pensons que les enfants sourds développent plus aisément le Report Partiel (RP), car celui-ci repose en partie sur des compétences visuo-spatiales, qui seraient particulièrement accessibles pour

eux, comme l'ont montré d'Assor et al. (2020) en imagerie cérébrale ou comme mesuré par Wilson (2001) chez les signants, et Bogaert (2024) chez les oralisants. En RP, les positions P2 et P4 semblent particulièrement stratégiques et sont généralement échouées par les dyslexiques de surface (Bouvier-Chaverot et al., 2012). Dans notre étude, les enfants E, S.Or et S.Si échouent tous en P2, bien que de manière différenciée. Cependant, en P4, les S.Si obtiennent des scores aussi élevés que les E, tandis que les S.Or rencontrent plus de difficultés. Cette différence suggère que l'échec en P4 pourrait constituer un facteur de difficulté supplémentaire pour les S.Or. Néanmoins, comme aucune différence significative n'apparaît entre les groupes en RP, il semble que le RP ne soit pas la cause principale des difficultés des enfants sourds en EVA.

En effet, c'est sur le RG que les différences de performances entre enfants sourds et entendants sont les plus marquées. Les scores obtenus à ce subtest pourraient donc être une explication importante des difficultés d'EVA. Les S.Or et S.Si montrent une chute brutale de performance en RG dès P2, marquant une moindre capacité à retenir une suite de lettres au-delà des deux premières positions par rapport aux entendants. Cependant, les S.Or réussissent légèrement mieux que les S.Si, car ils parviennent plus fréquemment à restituer la troisième lettre et plus de séquences complètes, bien que leurs performances restent inférieures à celles des entendants.

Ces résultats suggèrent que les S.Or et, de manière plus marquée, les S.Si ont un EVA réduit, ce qui semble lié non pas à la localisation spatiale des lettres mais au nombre de caractères pouvant être mémorisés simultanément. En dépit de cela, les enfants sourds tentent d'activer la voie lexicale (Amenta et al., 2021; Bosworth et al., 2021; Morford et al., 2011; Peleg et al., 2020; Sabatier et al., 2024), mais avec une précision réduite, car ils s'appuient sur un nombre plus restreint d'indices visuels que les entendants. Les S.Si paraissent adopter une stratégie de mémorisation basée principalement sur l'emplacement des lettres, tandis que la mémorisation de l'intégralité de la séquence orthographique est plus difficile pour eux. Les S.Or, eux, combinent une stratégie visuo-spatiale (hormis en P4) et une mémorisation légèrement plus longue, avec une bascule possible vers la voie phonologique, expliquant leurs meilleurs résultats en lecture malgré des imprécisions.

L'étude de Sabatier et al. (2024) comme la nôtre illustrent un écart entre les performances des S.Or et des S.Si en décision orthographique et en transcription. En nous fondant sur les résultats d'EVA, on peut penser qu'en tâche de décision orthographique, la mémorisation visuo-spatiale favorise une attention accrue aux caractéristiques visuelles des mots. En revanche, en transcription, sans modèle visuel, l'enfant doit mobiliser ses connaissances orthographiques précises ou recourir à une conversion phono-graphémique, un processus qui reste complexe pour les enfants sourds oralisants. Pour les signants, la tâche de décision est complexe lorsque les débuts des mots sont similaires, surtout en

l'absence de contexte facilitateur. La transcription pose un défi considérable, car les séquences orthographiques semblent moins bien ancrées dans leur lexique.

Néanmoins, dans les deux groupes sourds S.Or et S.Si, nous avons constaté une forte variabilité des performances d'EVA. L'EVA étant relié au niveau de lecture chez l'entendant, il était plausible que cette variabilité soit expliquée par le niveau de lecture chez les sourds. Si l'on tient compte du niveau de lecture, les lecteurs habiles S.Or et E obtiennent des résultats qui ne se différencient pas significativement et supérieurs aux S.Si. On peut donc supposer que les S.Or arrivent à compenser la fragilité du RG dans ce groupe de lecteurs. Pour les S.Si, ils développeraient des stratégies visuo-spatiales très élevées en RP en compensation (scores entre 45 et 47/50) et augmenteraient leur empan en RG à un niveau proche mais inférieur à celui des E et S.Or.

Notre hypothèse (H2) proposant une équivalence des groupes en EVA nous semble donc invalidée. Les enfants sourds, qu'ils soient S.Or ou S.Si, développent des compétences d'EVA inférieures à celles de leurs pairs entendants. Chez les lecteurs habiles, au même niveau de lecture de mots, les S.Si restent légèrement inférieurs aux S.Or et aux E.

Nos résultats ont donc mis à jour la faiblesse des processus phonologique et des compétences d'EVA chez les sourds par rapport aux entendants. Toutefois, une forte variabilité est constatée dans ces domaines. Pour mieux comprendre cette variabilité, il est important de s'intéresser aux profils des lecteurs sourds comme au poids des compétences de conscience phonologique et d'EVA sur la lecture.

3. Hétérogénéité des lecteurs sourds et poids des prédicteurs selon les enfants sourds

La littérature scientifique fait état de nombreux enfants sourds en difficulté avec la lecture (Colin et al., 2021). Herman et al. (2017) comptaient 48% des enfants sourds oralisants et 82 % des enfants sourds signants (moins chez les signants natifs) en difficultés avec cet apprentissage. Seulement 36% des enfants implantés sont des lecteurs aussi performants que leurs pairs entendants à leur entrée au lycée (Geers & Hayes, 2011). Cette forte proportion d'enfants en difficulté pour apprendre à lire est liée à leurs difficultés d'accès aux compétences phonologiques. Mais les lecteurs sont très hétérogènes selon leurs profils auditifs, linguistiques, selon les contextes familial ou scolaire dans lesquels ils grandissent. La réussite en lecture repose sur une interaction complexe entre les compétences liées à la surdité et à la langue pratiquée par les sourds (Hirshorn et al., 2015). De nombreuses études ont tenté d'évaluer les prédicteurs de la lecture chez les entendants, les sourds oralisants et/ou signants (Couvee et al., 2022; Cupples et al., 2014; Geers, 2003; Geers & Hayes, 2011; Kirby et al., 2008; Kyle &

Harris, 2010; Ormel et al., 2022). Les résultats parfois contradictoires peuvent s'expliquer en partie par les profils hétérogènes en cas de surdité et l'accès très discuté à la conscience phonologique. Chez les signants, la dactylogogie et la phonologie cross-modale (qui correspond à une mesure de conscience orthographique via la dactylogogie) sont des prédicteurs reconnus (Antia et al., 2020; Lederberg et al., 2019; Sehyr & Emmorey, 2022a) et montrent l'importance des connaissances orthographiques dans l'apprentissage de la lecture en cas de surdité. Bien que l'EVA soit un prédicteur des représentations orthographiques, il n'avait jamais été mesuré en cas de surdité. D'autres compétences peuvent aussi avoir un impact sur la lecture tels que le vocabulaire (Chamberlain & Mayberry, 2000, 2008; James et al., 2009; Ormel et al., 2022; Padden & Ramsey, 1999), la mémoire de travail (Cates et al., 2022; Harris & Moreno, 2004) ou le RAN (Couvee et al., 2023).

Dans cette étude, nous avons utilisé la clusterisation pour regrouper les lecteurs qui possédaient les mêmes profils de lecteurs de mots (précision et vitesse). Cette clusterisation était dégagée des facteurs de langue ou d'audition. Elle permettait d'observer les lecteurs pour ensuite cerner leurs profils linguistiques et cognitifs selon le niveau de lecture. Comme les E, les S.Or sont majoritairement performants en identification de mots et les signants plus souvent fragiles sur cette compétence. Néanmoins, ce que met à jour cette clusterisation est surtout l'hétérogénéité linguistique des groupes de lecteurs. Quelle que soit la langue LS ou LV, quel que soit le niveau d'audition, il existe des lecteurs habiles entendants, sourds oralisants et sourds signants. Inversement, des lecteurs plus fragiles ou particulièrement lents sont aussi représentés dans les trois groupes d'enfants. L'appartenance à un groupe linguistique ne conditionne donc pas systématiquement l'échec ou la réussite en lecture. De ce fait, pour qualifier la lecture des enfants de notre étude, nous parlerions plutôt d'une hétérogénéité et d'une tendance majoritaire montrant que les enfants signants sont plus lents que les entendants ou que les sourds oralisants pour acquérir l'écrit, car procèdent par d'autres voies (Antia et al., 2020; Peleg et al., 2020). Etant donnée la proportion importante d'enfants signants faibles lecteurs, on s'interroge nécessairement sur la limite à partir de laquelle on parle de « lenteur » ou de « difficulté ». Une étude longitudinale permettrait toutefois de mieux répondre à ces questions et d'indiquer les étapes d'acquisition selon l'âge, la classe. En l'état, ce délai s'expliquerait notamment par un apprentissage visuo-sémantique, qui n'offre pas une trajectoire d'acquisition de l'identification lexicale aussi rapide que les méthodes phonologiques basées sur la conscience phonologique et permettant le décodage (Koyama et al., 2008; Read et al., 1986; Ruan et al., 2018). En outre, les enfants signants intramodaux sont dans une situation diglossique et doivent donc apprendre à lire dans une langue qu'ils ne parlent pas. Entrer dans l'écrit est donc naturellement plus complexe. Concernant les enfants sourds oralisants, environ ¼ d'entre eux sont en difficultés pour reconnaître les mots écrits (précision et

vitesse ou vitesse uniquement). Les raisons sont probablement en lien avec la qualité des perceptions auditives (Bouton, 2010), le niveau de vocabulaire (James et al., 2009) et les compétences phonologiques (Dillon & Pisoni, 2004; Hirshorn et al., 2015; Wass et al., 2010; Webb et al., 2015).

A l'intérieur de chacun de ces groupes de lecteurs, une grande variabilité était observable en CP et en EVA. Dans le cluster des lecteurs habiles, les performances globales de CP et d'EVA (scores élevés en EVA et CP, rapidité en CP) sont ensemble représentatives d'une majorité d'enfants lecteurs habiles. Cependant, 22.7% (n=10/44) des enfants de ce cluster habile n'ont pas ce profil. Ils ont une conscience phonologique fragile et un EVA au même niveau que le reste de leur groupe. On peut donc, en quelque sorte, facilement « caricaturer » le groupe des lecteurs habiles en disant qu'il est composé d'enfants performants en EVA et CP (vitesse et précision). Cependant, on passerait sous silence les profils atypiques d'enfants qui n'utilisent pas les mêmes voies pour lire et dont la lecture ne dépend pas des mêmes prédicteurs. De ce fait, nos résultats montrent que la CP n'est pas un prérequis systématique et obligatoire pour tous afin d'accéder à un haut niveau de reconnaissance de mots écrits. Nous notons que ce ne sont pas uniquement des enfants sourds signants qui composent ce groupe de lecteurs habiles aux compétences de CP atypiques.

En outre, les lecteurs intermédiaires de notre étude constituent aussi un groupe dont l'hétérogénéité transcende la variable du groupe linguistique.

Dans nos travaux, nous avons tenté de rendre compte à la fois de l'homogénéité et de l'hétérogénéité des groupes en utilisant différents types d'analyses statistiques. Nous avons également tenté d'établir le poids des compétences d'EVA et CP sur la lecture de mots ainsi que d'autres prédicteurs.

Le niveau de langue joue un rôle majeur et évident. Cependant, en s'affranchissant du poids de ce facteur qui prime sur les autres par ses multiples intercorrélations, nous mettons à jour celui de la lecture labiale, de l'EVA et de la conscience phonologique. Nos résultats montrent que l'influence de la conscience phonologique dépend du profil linguistique et auditif des participants, plus que l'EVA.

La CP a peu d'influence chez les **lecteurs entendants** déjà experts en lecture de mots (CE2-CM2) et son lien pourrait être plus fort avec la lecture de phrases qu'avec l'identification de mots³⁴. Dans tous les cas, la conscience phonologique a certainement eu un poids plus important en début d'apprentissage mais aux niveaux scolaires concernés par notre étude, son rôle n'est plus aussi prégnant chez les entendants (Carlisle, 2000, 2010; Marec-Breton et al., 2010). Le poids de l'EVA est en revanche important comme l'ont déjà montré des études antérieures (Bosse et al., 2009; Bosse & Valdois, 2009; Valdois, Roulin, et al., 2019).

³⁴ Voir en annexe 10, section 7 pour un exemple d'analyses complémentaires allant dans ce sens.

Chez les **lecteurs signants**, le poids de la CP n'apparaît pas pour des raisons que nous pensons différentes. L'accès à l'écrit sur le principe de la littéracie émergente (Beaujard & Garcia, 2020; Williams & Lowrance-Faulhaber, 2018) favorise l'accès aux mots par des voies sémantiques, par une imprégnation visuelle et par les interactions avec l'environnement. L'acquisition du lexique orthographique repose dans ce cas sur des compétences sociales, visuelles et sémantiques et pas sur un apprentissage phonologique explicite (Caldwell-Harris & Hoffmeister, 2022; Cheng & Caldwell-Harris, 2010; Hoffmeister & Caldwell-Harris, 2014). Il serait d'ailleurs intéressant de comparer des enfants bimodaux selon les méthodes d'apprentissage pour voir le poids de la méthode sur les prédicteurs en couplant ces observations avec l'IPL (Puissant-Schontz, 2020). En outre, les enfants sourds bilingues intramodaux que nous avons rencontrés sont, pour beaucoup, signeurs natifs. Leurs performances cognitives phonologiques sont moins entraînées par leur environnement que des sourds non natifs ou signeurs tardifs. Le décalage entre les méthodes, leurs objectifs, les profils des enfants sourds signants ou oralisants, leur environnement expliquent l'hétérogénéité des performances en CP mais aussi entre enfants sourds signants. Si nous observons les 3 enfants sourds signants lecteurs habiles de notre étude, l'hétérogénéité est également présente. Quelques facteurs favorisant sont néanmoins communs, notamment la précocité de l'input linguistique LS, le niveau de LSF, et des capacités de RP très élevées en EVA³⁵. Il serait nécessaire de mesurer d'autres aptitudes associées comme l'accès aux unités paramétriques de la LS, la sensibilité à l'iconicité et la phonologie cross-modale mais aussi d'étendre le groupe d'étude S.Si comme d'étudier les performances d'enfants S.Si plus âgés pour constater l'évolution des compétences mesurées.

Chez les **lecteurs sourds oralisants**, la performance en CP est plutôt élevée mais pas chez tous. C'est probablement le groupe le plus hétérogène parce qu'ils n'ont pas tous le même appareillage, la même récupération auditive, les mêmes capacités de lecture labiale, le même accès à la LfPC et plus généralement le même « environnement ». Pour mieux appréhender l'hétérogénéité de ces populations, il existe un grand intérêt à se positionner sur le continuum atypique-typique et dans une trajectoire développementale neuro-constructiviste (Bogliotti, 2023). Par exemple, un enfant S.Or du groupe de lecteurs habiles possède de hautes compétences en CP mais, inversement aux autres lecteurs de son groupe, un EVA très chuté. Il est pourtant bon identifieur. L'accès à l'identification de mots relève donc de facteurs variés qu'il est difficile d'individualiser. La CP ou l'EVA n'expliquent donc pas toutes les réussites en lecture.

Nous avons fait le choix de nous concentrer sur certains facteurs parce qu'ils n'avaient pas été étudiés chez les enfants sourds et/ou parce qu'ils semblaient pouvoir expliquer une part de la variabilité en

³⁵ Voir Annexe 11 pour un tableau résumant les profils des 3 enfants sourds signants lecteurs habiles

lecture des enfants sourds. Nous sommes bien conscients que d'autres facteurs sont certainement tout aussi essentiels. Toutefois et malgré l'hétérogénéité des groupes sourds, les modèles créés à partir de nos variables d'intérêt sont informatifs. Chez les S.Si, ils indiquent un effet de la lecture labiale et de l'EVA sur l'identification des mots. Ce qui est cohérent avec une activation lexicale systématique et un support sémantique de la lecture labiale. En revanche, chez les S.Or, ce sont conjointement la conscience phonologique médiatisée par la lecture labiale et l'EVA qui expliqueraient ensemble l'accès lexical écrit. Ce qui est cohérent avec l'idée d'une activation lexicale directe qui basculerait en identification phonologique (soutenue par la lecture labiale) en cas d'échec.

Notons que nous n'avons pas intégré mémoire de travail ou RAN dans les analyses en pistes causales car ces variables ne semblaient pas corrélées à la lecture. Si beaucoup d'études indiquent une faible mémoire de travail chez les enfants sourds oralisants ou signants, nos résultats ne vont pas dans ce sens soit parce que notre méthodologie a pu faciliter pour les S.Si le rappel, soit parce que trop peu de variabilité apparaissait dans les données. Néanmoins, il est aussi possible que les enfants sourds de notre étude aient un bon niveau de mémoire de travail puisque des résultats similaires ont été trouvés chez les sourds oralisants appariés en même âge auditif que les entendants (Bouton, 2010; Sahlén et al., 2008) ou chez des sourds signants avec des entendants (Boutla et al., 2004).

Pour résumer, nos résultats montrent une répartition inégale des lecteurs sourds et entendants au sein des clusters comme prévu par notre hypothèse (H3). Les lecteurs les plus habiles ont aussi les résultats les plus élevés en CP et en EVA (H3.1) mais cela doit être nuancé car au sein de chaque cluster, les performances de tous les participants ne sont pas équivalentes en CP et EVA. Les E et les S.Or habiles lecteurs obtiennent des scores majoritairement élevés en CP et en EVA mais 22.7% des lecteurs de ce groupe n'ont pas ce profil et ont des performances élevées en EVA mais pas en CP. Contrairement à nos prédictions (H3.2), il ne s'agit pas uniquement d'enfants S.Si mais aussi d'enfants S.Or et dans une moindre mesure d'enfants E.

Enfin, notre hypothèse (H4) qui prévoyait que les meilleurs prédicteurs des performances en lecture seraient la conscience phonologique et l'EVA pour les S.Or et E alors que pour les S.Si, le meilleur prédicteur serait uniquement l'EVA est ainsi partiellement validée. Les résultats des enfants oralisants correspondent à nos prédictions bien qu'une forte variabilité intersujets soit constatable. En revanche, les résultats des deux autres groupes sont à nuancer par rapport à notre hypothèse. L'EVA est plus prédictif que la conscience phonologique pour les E de CE2-CM2 d'une part et la lecture labiale constitue un prédicteur aussi fort que l'EVA chez les S.Si, d'autre part.

Ces résultats suggèrent donc que les poids de la CP et de l'EVA sont importants sur l'accès lexical écrit en français. En revanche, alors que le poids de la CP sur la lecture varie selon le niveau de lecture et selon la pratique d'une LV ou d'une LS, le poids de l'EVA varie beaucoup moins selon la langue maternelle LV ou LS. Si l'EVA joue un rôle dans la lecture de mots chez les enfants sourds, nous pouvons tenter d'adapter le modèle BRAID-Acq pour expliquer de manière théorique les mécanismes qui correspondent à nos observations.

4. Proposition de modèle BRAID-Sourd

En partant du Modèle BRAID-Acq, nous proposons d'après les données accumulées par la littérature scientifique et nos propres résultats, un modèle à voie unique pour les sourds « BRAID-Sourd » (voir Fig.59). Nous ne redécrivons pas les sous-modèles originaux du modèle que nous avons conservés tels quels. En revanche, nous décrivons les modules ajoutés et proposerons un scénario pour une lecture avec les compétences d'un enfant sourd oralisant et d'un autre sourd signant.

Au niveau des processus phonologiques, un **sous-modèle visuo-phonologique perceptif** correspondant aux visèmes du français vocal permet aux enfants sourds de s'appuyer sur les unités phonologiques labiales (Elliott et al., 2012). Un grand nombre de sosies labiaux existant, un module de désambiguïsation via la LfPC permettrait d'ajuster la qualité des représentations labiales (plus le degré de LfPC est fort, plus l'enfant accéderait précisément aux unités phono-labiales) (Leybaert et al., 2018; Leybaert & Lechat, 2001). Ces unités sont possiblement activées avec leurs représentations phonologiques, lorsqu'elles sont disponibles.

Au niveau des processus orthographiques et spécifiques à la LSF, nous avons ajouté dans le sous-modèle perceptuel des lettres, un **sous-modèle équivalent des lettres dactylographées**. Le mot épélu en dactylographie ou écrit peut ainsi être reconnu dans le **sous-modèle des connaissances lexicales**. Qu'il s'agisse d'un mot écrit ou dactylographé (Antia et al., 2020; Lederberg et al., 2019 ; Sehyr et al., 2017), il est reconnu dans le **sous-modèle perceptuel des mots**. Selon la langue de l'enfant, il active sa forme phonologique, orthographique ou le signe (via le **module de reconnaissance LSF**). Ce module de reconnaissance LSF est interconnecté avec la **forme labiale lexicale** des mots pour faciliter l'accès au sens (Bogliotti & Isel, 2021). Le **sous-modèle paramétrique perceptuel** peut être activé lors de la reconnaissance lexicale du signe pour permettre de renforcer l'accès au sens (Ormel et al., 2012).

En outre, une modulation générale de la reconnaissance des mots s'applique via le **score d'IPL** de l'individu (Bogliotti, 2023; Puissant-Schontz, 2020).

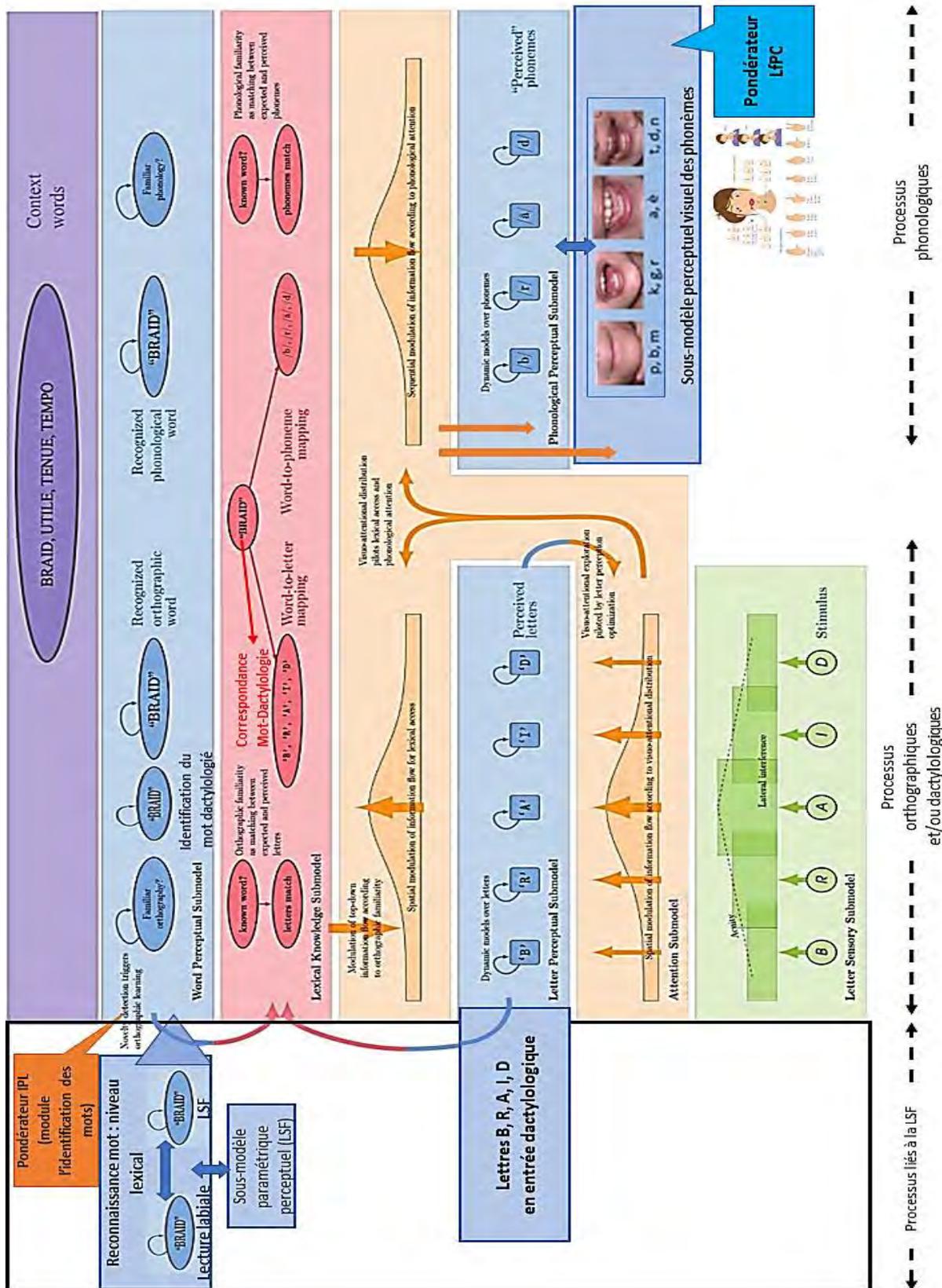


Figure 59 : Proposition de Modèle BRAID-Sourd. Représentation de la proposition de modèle BRAID-Sourd comprenant les processus liés à la lecture labiale et ceux liés à la LSF, à la dactylogie. L'indice IPL module la lecture de mots et la maîtrise de la LfPC module l'accès à la phonologie visuo-labiale.

Nous proposons un scénario de lecture d'un mot (connu à l'oral) lu par un enfant sourd oralisant dont l'IPL indique des facteurs favorables nombreux mais possédant un EVA réduit :

L'attention visuelle distribuée sur la chaîne de caractères est quantitativement moins disponible chez l'enfant sourd oralisant qu'entendant. Dans ce scénario, son empan est limité à 3 éléments, en RP il favorise la P2. L'empan VA réduit entraîne la mémorisation de moins de formes orthographiques et/ou peu précises. La bascule vers des processus phonologiques est coûteuse cognitivement et il doit faire un choix entre vitesse et précision. L'exposition répétée aux mots permet la précision des formes orthographiques.

Lors de la perception sensorielle des lettres du mot, l'attention n'est pas maximale au point d'acuité et seulement certaines lettres de la suite de caractères sont visibles (e.g. « t a b a c » -« t a . . c »).

Il tente d'activer la voie lexicale et émet des hypothèses en fonction des mots qui font partie de son lexique orthographique et éventuellement de son lexique phonologique. Compte-tenu des indices à sa disposition et de l'absence de contexte, le mot « talc » est le plus probable pour l'enfant. Alors, soit il identifie « talc » à la place de « tabac », soit son degré d'incertitudes est trop fort (il n'a pas cumulé assez de preuves perceptuelles) et il bascule en voie phonologique. Il appréhende alors la suite de graphèmes en réduisant son attention sur des portions graphémiques plus réduites permettant un assemblage sériel. Il s'appuie sur ses connaissances phonologiques et visuo-phonologiques pour déchiffrer le mot « tabac » lu /tabak/. Il utilise sa connaissance phonologique du mot déjà connu dans son lexique phonologique pour éventuellement s'auto-corriger. Si le mot n'avait pas été connu, il aurait donc commis une régularisation.

Ce modèle explique les régularisations des enfants S.Or et leur accès à la lecture de pseudomots, leurs erreurs non phonologiquement plausibles plus nombreuses, leur sensibilité à la fréquence. Leur sensibilité moindre à la pseudohomophonie pourrait s'expliquer par leur vocabulaire moins étendu et par la lenteur d'analyse phonologique avec un appui primaire sur la forme orthographique.

Nous proposons un second scénario de lecture d'un mot (connu en LSF) lu par un enfant sourd signant dont l'IPL indique des facteurs favorables nombreux mais un EVA réduit :

L'attention visuelle distribuée sur la chaîne de caractères est quantitativement moins disponible chez l'enfant sourd signant qu'entendant. Dans ce scénario, son empan VA est limité à 3 éléments, en RP il favorise la P4. L'empan VA réduit entraîne la mémorisation de moins de formes orthographiques et/ou peu précises. L'exposition répétée aux mots permet la précision des formes orthographiques.

Lors de la perception sensorielle des lettres du mot, l'attention n'est pas maximale au point d'acuité et seulement certaines lettres de la suite de caractères sont visibles (e.g. « t a b a c » -« t . b a . »).

Il tente d'activer la voie lexicale malgré tout et émet des hypothèses en fonction des mots qui font partie de son lexique orthographique en lien avec son lexique LSF. Compte-tenu des indices à sa disposition et de l'absence de contexte, le mot « tuba » (qui fait partie de son lexique orthographique) est le plus probable pour l'enfant. Alors, soit il identifie « tuba » à la place de « tabac », soit son degré d'incertitudes est trop fort (il n'a pas cumulé assez de preuves perceptuelles) et il ne peut identifier le mot. S'il le refuse, il peut tenter de prendre des indices visuo-orthographiques supplémentaires. En améliorant son empan d'une seule lettre (« t a b a . »), il pourrait identifier le mot avec plus d'aisance s'il fait déjà partie de son lexique orthographique. En revanche, même si l'empan augmente et que le mot est connu dans le lexique signé, s'il ne fait pas partie de son lexique orthographique ou dactylographique et que le contexte n'aide pas, il ne peut pas le reconnaître même avec un empan large car il n'accède pas à la voie phonologique.

Ce modèle explique l'accès impossible à la lecture de pseudomots, les erreurs non phonologiquement plausibles plus nombreuses, la sensibilité au voisinage orthographique, la sensibilité à la fréquence et au contexte. L'accès à la dactylographie renforce l'accès à la forme orthographique expliquant son pouvoir prédictif. Néanmoins, il est difficile de prédire si un EVA réduit sur les suites graphémiques écrites l'est aussi sur les suites de lettres dactylographées. La prédictivité du niveau lexical en LSF est encore plus forte pour ces enfants car ils ne procèdent que par voie orthographique. L'accès aux unités paramétriques et à l'iconicité participerait au système de vérification et d'élimination de voisins orthographiques.

Bien entendu, il s'agit d'une proposition et ce modèle comme ces prédictions demandent à être testées. Cela pourrait faire l'objet d'une étude à venir.

Le champ de recherche en surdité et lecture demande encore de nombreuses investigations pour mieux comprendre les fonctionnements des enfants et les prédicteurs qui expliquent leur réussite. Notre étude contribue un peu en ce sens à apporter une nouvelle perspective avec l'hypothèse de l'EVA en reconnaissance de mots isolés. Cependant, elle présente également quelques limites.

5. Limites et difficultés

5.1. Questions méthodologiques

Une étude auprès de trois populations aux profils linguistiques et auditifs si différents représente un défi. Malgré nos réflexions et nos précautions certains de nos choix méthodologiques sont discutables.

Pour créer nos **stimuli**, nous n'avions pas de bases de données à disposition. Les études considèrent trop souvent que le vocabulaire écrit connu par un enfant sourd est le même que celui d'un entendant. Elles fondent donc leurs expérimentations sur les bases de données pour entendants (Lété et al., 2004; New et al., 2004). Néanmoins, les études sur les LS montrent les variations lexicales entre LS et entre LS et LV. Les premières bases de données en LS commencent ainsi à voir le jour. Pour la LSF, la base FLeXSign (Perin, 2024) est la première base lexicale LSF mais elle est constituée à partir des données adultes de signes en production. Pour notre étude, nous recherchions les mots écrits connus par les enfants signeurs. Conscients des différences méthodologiques et des progressions d'apprentissage différentes entre enfants signants, entendants et sourds oralisants, nous avons préféré choisir nos stimuli dans les cahiers des enfants sourds signants pour nous assurer que les mots que nous proposerions à lire auraient déjà été « vus-lus-écrits » puis les avons comparés avec ceux présents dans la base de données Manulex (Lété et al., 2004). Néanmoins, si ce travail a permis de nous assurer que les mots avaient été appris au moins une fois, une seule exposition est insuffisante pour constituer des représentations orthographiques. Nous avons donc choisi préférentiellement des mots dans les cahiers de CP et CE1 en les supposant plus familiers pour les enfants de CE2 au CM2. Il est possible, cependant, que certains des mots n'aient pas été utilisés suffisamment par les enfants durant leur scolarité pour permettre la création de représentations orthographiques. Nous poursuivons et affinons actuellement ce travail de tri des mots, en constituant une réelle base de données de la fréquence d'occurrence des mots écrits par les enfants signeurs à partir des cahiers scolaires de deux écoles d'enfants sourds intramodaux/bimodaux du CP au CM2. Cela pourra permettre d'analyser ultérieurement nos données au regard de ce facteur. Cette base permettra également de vérifier si notre présupposition d'une différence de fréquence d'occurrence et de typologie des mots est vérifiée entre enfants sourds signants et entendants. Enfin, par sa diffusion, elle offrira des outils essentiels aux méthodologies de recherche ou d'apprentissage.

Ce travail de choix des stimuli a abouti au choix d'images appariées au sens des mots. Toutefois, les images dont nous disposions étaient normées pour/par les entendants selon les variables psycholinguistiques de la LV. De plus, certaines images n'étaient pas disponibles pour exprimer les concepts correspondant aux mots des cahiers des S.Si (e.g. bulle de BD et non bulle de savon). Une

dessinatrice a, à notre demande, créé une banque d'images que nous avons soumise à une population de 51 enfants de maternelle à la 6^{ème}. Malgré nos précautions, certaines images restent difficiles à identifier comme « automne » (« arbre ») ou « canari » (« oiseau ») par exemple, quel que soit le niveau scolaire. Nous avons peu de mots issus des cahiers et imageables à disposition, au moment de la création des stimuli. Nous avons donc conservé certaines de ces images malgré leur taux d'agrément non maximal. Cela peut avoir influencé les réponses sur une part mineure de nos stimuli. Pour valoriser ce travail et exploiter son utilité, nous étudions actuellement les facteurs d'influence de la dénomination en LSF en terme de concrétude, iconicité et fréquence en prenant l'avis de professionnels sourds et de traducteurs (Gimeno-Martínez & Baus, 2022; Perin, 2024; Sehyr & Emmorey, 2022b). Lorsque ce travail sera achevé, nous pourrons observer également nos données au jour des résultats obtenus sur la banque d'images.

Enfin, sur les populations concernées, nous n'avons inclus que des lecteurs sourds intramodaux, des sourds oralisants et des entendants appariés en âge et classe. Nous n'avons pas réussi à les appairer en niveau de lecture sur un test normé (L2MA) car ce test ne contenait que la moitié des mots des signants et n'était pas corrélé à notre épreuve de lecture de mots pour les signants. Nous avons recouru au procédé statistique de clusterisation pour les regrouper selon leur réussite en lecture. De prochaines recherches devraient s'intéresser à ces tests d'appariement selon le vocabulaire écrit sensé être connu par les lecteurs sourds. D'autres épreuves de lecture existent et devraient peut-être être préférées ou spécifiquement créées pour éviter tout biais d'appariement.

Si la recherche en surdité est de plus en plus riche, elle n'offre pas encore le même degré d'informations et de « certitudes » que la recherche chez les lecteurs entendants. Les études menées auprès d'enfants/adultes sourds aux profils hétérogènes (et pas toujours renseignés avec précision dans les études) procurent peu d'informations sur la lecture de mots isolés et parfois des informations contradictoires. Il a donc été difficile de choisir les autres prédicteurs de la lecture ou d'adapter la manière de les évaluer.

5.2. Choix des prédicteurs

Nous avons fait le choix de ne pas tester la phonologie de la LSF car ce concept est très controversé. Cependant, il nous semble que cela apporterait une meilleure compréhension de toutes les variables possiblement contributives à la réussite en lecture. Une prochaine étude devrait également se pencher sur la phonologie cross-modale car la littérature scientifique rapporte de fortes corrélations entre la fluence en lecture et cette compétence (Miller et al. 2021 ; Antia et al. 2020 ; Lederberg et al. 2019 ; Sehyr et al. 2016). Nous suggérons, de plus, une complémentarité possible entre cette forme de

conscience orthographique dactylogique et l'EVA. En effet, les deux tâches sont prédictives de la fluence en lecture. La première mesure la conscience orthographique via les unités dactylogiques (verbales) et donc la capacité des lecteurs à manipuler les unités orthographiques. L'EVA lui mesure le nombre de caractères orthographiques perçus simultanément en une fixation oculaire (quantité de caractères et leur emplacement) et est donc une compétence orthographique visuo-attentionnelle. Chez les sourds oralisants, nos modèles statistiques ont mis à jour le poids complémentaire de la conscience phonologique et de l'EVA. Il est donc possible que la phonologie cross-modale possède un poids complémentaire à celui de l'EVA et probablement explicatif de l'accès aux mots écrits chez les sourds signants.

Nous avons également testé des compétences liées chez les entendants à la lecture en les adaptant selon la modalité linguistique des participants. Certaines études décrivent la difficulté à évaluer ces compétences chez les sourds signants.

5.3. Adaptation des tests

Pour les épreuves de production, comme le RAN, une majorité de recherches explique que les temps de réalisation du signe sont nécessairement plus longs que les temps articulatoires buccaux ce qui défavoriserait les sourds signants sur une comparaison avec les entendants (Wilson & Emmorey, 2006). Le test de RAN de l'Odedys 2 (Jacquier-Roux et al., 2005) consistant en une dénomination de 5 images correspondant à des mots fréquents de deux syllabes et 2 mouvements pour le signe, nous semblait toutefois adapté. En effet, nos résultats ne montrent pas de différences significatives entre les groupes comme déjà montré en fluence sémantique par Sehyr et al. (2018). Cependant, comme nous n'avons pas filmé les participants, il est possible que le seul regard de l'expérimentateur n'ait pas saisi dans le flot de signes certains signes erronés qui auraient pu plus pénaliser les participants. La vidéo nous semble ainsi un outil essentiel à l'analyse des tâches impliquant une production de signes pour limiter « l'erreur humaine ».

De la même façon, nous avons adapté le test de mémoire de travail, issue de la même batterie que le test de RAN. Il n'a pas révélé de différences entre les participants alors que la plupart des études rapportent des différences en défaveur des enfants sourds oralisants ou signants. On peut penser que les adaptations modales chez les sourds signants ont favorisé la réussite des participants créant une faible variabilité. Cela pourrait aussi être en lien avec le fait que notre groupe de signants est constitué de sourds natifs au haut niveau de langage par rapport à d'autres études (Boutla et al., 2004). Chez les sourds oralisants également, les résultats ne montrent pas de différences avec les entendants ce qui est peu fréquent selon la littérature scientifique mais néanmoins possible (Bogaert et al., 2024; Bragard

et al., 2019). Nous interrogeons nos résultats en fonction des études antérieures mais aussi en fonction de la cotation de ce test qui est probablement peu sensible et en fonction de notre choix de passation en direct, et non vidéo. En effet, la cotation se base sur un chiffre entre 0 et x (x étant le nombre de chiffres maximum réussis). En réalité, les enfants redonnent rarement moins de 3 chiffres et pas plus de 5-6. Ce score varie finalement de 3 à 5 ou 6 et donc ne peut pas mettre à jour de réelles différences entre les groupes (sauf pour des écarts très importants des performances). D'autre part, la passation en direct plutôt qu'en vidéo visait à donner la transmission 3D du son et du geste. Toutefois, ce choix a pu favoriser les perceptions visuelles ou sonores mais favoriser aussi une sur-adaptation de l'expérimentateur qui, inconsciemment, ralentit le débit pour s'adapter à l'interlocuteur. Ces réflexions montrent la nécessité d'un matériel spécifiquement adapté aux enfants sourds et manquant encore actuellement.

Enfin, nous avons tenté de proposer un même test de conscience phonologique à nos 3 populations d'enfants. L'intérêt de ce test est de pouvoir mettre à jour ce sur quoi s'appuient le plus les enfants pour décider de la rime : phonologie sonore, phonologie sonore et visuo-labiale ou phonologie sonore et orthographe. Des tests similaires et développés aux différents niveaux des unités sonores de la LV ont été créés à l'étranger (Hirshorn et al., 2015). En clinique, ce type de test aurait un avantage majeur pour orienter sur les stratégies, les forces et les besoins des enfants sourds. Toutefois, les enfants signants semblent répondre au hasard sur certains items ce qui témoigne probablement d'un test trop difficile pour eux. Les enfants entendants réussissent tant l'épreuve, qu'ils atteignent un effet plafond. La consigne a été comprise par tous les enfants mais on peut penser que le test n'est pas forcément adapté aux mêmes tranches d'âge selon le profil auditif et linguistique. Il serait peut-être plus adapté à des enfants signants plus âgés et/ou bimodaux alors qu'il pourrait être plus approprié auprès d'enfants entendants plus jeunes. D'autre part, il ne teste que la rime et il aurait été intéressant de créer un subtest phonémique pour observer l'accès aux différentes unités. Des améliorations et des extensions sont donc à prévoir sur ce test.

La question de l'adaptation se pose à chaque test proposé. Nous avons relevé la proximité phonologique des lettres dactylographées utilisées dans le test d'EVA et son mode de rappel qui induit une séquentialité pour lesquelles nous avons proposé quelques ajustements précédemment. Il ressort donc que l'adaptation des tests est complexe et qu'on ne peut pas juste modifier la modalité d'un test pour mesurer des compétences équivalentes chez les sourds signants et entendants. Pour les oralisants, les tests pour entendants paraissent plus souvent adaptés, néanmoins les questions de qualité perceptive et de séquentialité devraient être prises en compte pour distinguer les causes sous-jacentes de certains échecs. Par exemple, en mémoire de travail, les mots proches phonologiquement

peuvent être confondus en l'absence de difficultés mnésiques. Le seul score de mémoire de travail conduirait à une méprise sur les compétences réelles des enfants dans ce domaine.

Des améliorations et la poursuite des créations d'outils sont donc à encourager pour améliorer la qualité des études. Malgré les difficultés et les questionnements qu'ont posés nos épreuves, notre étude offre un très grand nombre de perspectives pour mieux comprendre les bases cognitives à l'origine de la réussite en lecture des enfants sourds.

6. Perspectives

Sur le plan de la recherche comportementale, nous avons déjà évoqué certaines perspectives pour mieux comprendre les fonctionnements cognitifs et les acquisitions de lecture de mots des enfants sourds selon leurs profils linguistiques/auditifs. Les nombreux prolongements de cette recherche peuvent s'envisager directement à partir des données récoltées dans cette étude et d'autres par des études complémentaires.

6.1. Perspectives suite à notre étude

Comme évoqué précédemment, lorsque les bases de données mots écrits et images seront créées, les effets de fréquence écrite, fréquence LSF subjective, concrétude ou iconicité pourront constituer une base d'analyses très riches pour mieux comprendre nos données en décision orthographique.

Sur un plan plus général, les bases de données images/mots écrits créées dans le cadre de cette thèse pourront, à terme, aussi bien être utilisées en recherche que pour la création de matériel scolaire pour viser une réelle progression d'apprentissage selon la typologie des mots. Plus encore, la base des mots écrits relève de nombreux facteurs psycholinguistiques et tous types de mots permettant d'élargir son intérêt. Sur le plan clinique, elle permettra la création de matériels rééducatifs et d'évaluation adaptés aux connaissances attendues des enfants sourds signants. Toutefois, ces bases sont en cours de création et doivent être enrichies par d'autres supports scolaires dans la cadre d'un projet national qu'il conviendrait d'envisager.

L'intérêt plus immédiat de notre étude est d'avoir confirmé que l'EVA joue un rôle majeur chez les enfants sourds qu'ils soient oralisants ou signants alors que le rôle de la conscience phonologique est limité aux sourds oralisants. En clinique, si l'évaluation de la conscience phonologique est déjà très systématisée chez l'enfant sourd, elle se fait avec des outils pour entendants. Nos travaux offrent un nouvel outil, que nous espérons plus adapté, qui pourrait aider les orthophonistes à mieux identifier les stratégies des enfants sourds selon leur profil. En outre, les facteurs visuo-attentionnels sont plus

rarement évalués voire minimisés. Notre étude montre que l'EVA devrait être mesuré systématiquement (et probablement précocement) pour être renforcé en cas de limitation puisque sa prédictivité est importante. Des outils et logiciels d'entraînement existent déjà chez les entendants et permettraient peut-être aussi aux enfants sourds de progresser dans ce domaine (Meyer, 2019; Valdois, 2017). De même, la lecture labiale au niveau lexical et sublexical devrait faire partie d'un protocole d'évaluation systématique pour permettre un accès plus précis aux unités sublexicales de la LV et favoriser le développement de la conscience phonologique pour les oralisants et un accès lexical écrit pour les signants. Cependant, comme nous l'avons souligné, nos outils demandent encore quelques améliorations et adaptations (e.g. EVA et proximité phonologique dactylologique). Bien d'autres études doivent être menées pour aboutir à terme à des outils tout à fait adaptés à la variété des profils d'enfants sourds.

6.2. Perspectives d'études complémentaires

La première des perspectives serait ainsi de répéter notre étude sur un plan longitudinal, en tenant compte des améliorations précédemment suggérées. En observant les étapes qui jalonnent les acquisitions des enfants sourds, cela indiquerait les repères chronologiques attendus en reconnaissance de mots écrits, EVA et conscience phonologique chez des enfants sourds selon leur âge et leur langue(s) pour mieux identifier les profils atypiques. Cela permettrait aussi de vérifier la valeur prédictive de l'EVA et de la conscience phonologique selon les étapes d'acquisition de la lecture et les profils d'enfants sourds.

De plus, pour comparer les processus lexicaux écrits, la méthodologie d'apprentissage de nouveaux mots pourrait permettre de vérifier l'accès lexical et son origine. Cela impliquerait de répéter l'expérimentation de Ginestet et al. (2020b), mais cette fois chez des adultes puis des enfants sourds, en tenant compte de leur langue et de leur niveau de lecture. L'apprentissage de nouveaux mots (pseudomots associés à des images imaginaires, comme dans l'étude de Marinelli et al. (2020), et liés à des pseudosignes pour les utilisateurs de la langue des signes) serait ainsi couplé à des mesures d'EVA et d'oculométrie pour mieux comprendre les processus visuels impliqués. Nous avons observé que plus l'EVA était développé, plus les lecteurs sourds de CE2-CM2 étaient performants dans l'identification des mots écrits. L'objectif de cette étude serait d'explorer l'EVA en lien avec l'évolution temporelle de l'apprentissage orthographique, afin d'estimer le nombre d'expositions nécessaires à la mémorisation orthographique de nouveaux mots chez les sourds oralisants et signants. En couplant l'apprentissage de nouveaux mots avec l'oculométrie, il serait possible de mesurer l'évolution des lieux et du nombre de fixations sur les mots, ce qui permettrait de confirmer les processus visuo-attentionnels en jeu.

Dans un second temps, l'expérience pourrait aussi être répétée mais avec des pseudomots suffixés avec des unités morphologiques ou orthographiques (en s'inspirant de Tucker et al., 2016) pour observer la qualité de mémorisation selon ces variables chez les sourds oralisants et signants.

Par ailleurs, il serait nécessaire de proposer des études d'amorçage de lettres transposées et d'inhibition latérale couplées à l'ERP chez les enfants sourds oralisants et signants comparativement à des entendants pour observer l'ampleur et la temporalité de ces effets selon le groupe, l'âge, le niveau de lecture en vue de définir les fonctionnements probables du codage orthographique en début d'apprentissage et après un apprentissage plus avancé du français écrit. Cela mettrait également en avant les différences et les ressemblances des mécanismes cognitifs en jeu dans l'accès lexical pour isoler les facteurs propres à la surdité et ceux liés à la langue pratiquée.

Ce type d'études permettrait également de collecter des données essentielles pour tester la validité du modèle BRAID-Sourd. La création d'un modèle computationnel basé sur nos propositions permettrait peut-être ensuite de rendre compte des données de terrain.

Parallèlement, sur le plan neurocérébral, les études sur la VWFA chez des lecteurs sourds oralisants et entendants permettraient d'observer si son activation est reliée aux mêmes aires cérébrales et avec la même « force », en s'intéressant plus spécifiquement aux zones temporales, frontales et occipito-pariétales. Ces travaux déjà existants chez les sourds signants adultes pourraient être reproduits chez l'enfant et l'adolescent sourds oralisants et signants.

Enfin, si l'EVA semble avoir un lien causal avec la lecture de mots, les études d'entraînement de l'EVA chez les sourds signants et oralisants sont à envisager pour assurer la certitude de ce lien de causalité et permettre l'amélioration des remédiations/rééducations comme l'enseignement auprès des enfants sourds signants et oralisants. Il s'agirait d'études d'entraînement de l'EVA comparativement à la conscience phonologique chez les sourds oralisants. Chez les sourds signants, l'intérêt serait d'évaluer un entraînement à la phonologie cross-modale et l'EVA et/ou à l'accès aux unités paramétriques et l'EVA pour constater leurs effets respectifs sur la lecture de mots. Chez les sourds signants et oralisants, il pourrait aussi s'agir de vérifier l'impact d'un entraînement de l'EVA sur différents domaines : la copie, l'accès lexical en lecture, la vitesse de lecture, l'orthographe, la dactylographie ou encore l'accès au décodage de la LfPC.

Ce ne sont, bien entendu, que quelques-unes des pistes de recherches envisageables et beaucoup d'autres seraient encore à explorer, notamment sur la lecture de phrases car les sourds signants apprennent plus souvent les mots en contexte. Les études dans le champ de recherche suivant la théorie de l'EVA contribueront alors à une meilleure compréhension des mécanismes visuo-attentionnels et orthographiques des enfants sourds selon leurs profils et leur âge. Chez les signants,

il s'agit de trouver un équilibre entre la notion de « norme sourde » et le besoin d'entrer dans un langage écrit suffisamment fonctionnel pour permettre aux enfants sourds d'être autonomes, d'accéder à des niveaux scolaires/professionnels élevés. Il manque aujourd'hui cette norme de référence, beaucoup de connaissances sur les facteurs de réussite chez les enfants signants, de méthodes d'apprentissage validées pour cette population signante, de repères pour diagnostiquer les enfants sourds typiques ou atypiques quant à leurs acquisitions du langage écrit. Ces recherches chez les signants pourraient révéler des fonctionnements spécifiques à la pratique de la LS mais aussi à la surdité et apporteraient ainsi des informations cruciales quant aux acquisitions des enfants oralisants également. Ces études ouvriraient la voie à de meilleurs dépistages des enfants sourds à risque de développement atypiques du langage écrit, au développement de méthodes d'apprentissage de l'écrit (lecture/orthographe) plus adaptées aux enfants sourds selon leurs profils, à des pistes de remédiations cliniques pour les enfants les plus en difficulté comme à la création d'outils essentiels à la recherche en surdité.

Conclusion générale

« *Ending the reading war : reading acquisition from novice to expert* » (Castles et al., 2018), cet article met un point final à l'histoire agitée qui a longtemps opposé la communauté scientifique sur l'apprentissage phonologique ou global de la lecture chez les enfants entendants. La « guerre » a donc pris fin en faveur de méthode phonologique, permettant aux enfants de décoder un nombre infini de mots et, petit à petit, de les mémoriser pour constituer un stock de représentations orthographiques qui libère le lecteur du poids du décodage et permet une automatisation de la reconnaissance des mots écrits. Certes, les auteurs soulignent que la connaissance de quelques mots en reconnaissance globale libère l'attention disponible pour le décodage mais qu'une lecture fondée uniquement sur une méthode visuelle est utopique car trop coûteuse et peu précise.

La plupart des modèles de lecture pointent, en effet, l'étape initiale essentielle qu'est le décodage dans le parcours de l'apprenti lecteur. Ce décodage est sous-tendu par une conversion grapho-phonémique et par conséquent par un accès aux phonèmes de la LV. On lirait donc plus avec ses oreilles qu'avec ses yeux ? Cette phrase peut faire sourire mais souligne, en définitive, l'enjeu de la lecture en cas de surdité et les concepts qui opposent les recherches en surdité sur ce thème.

Pour les enfants sourds oralisants, l'accès au décodage est rendu possible par l'audition via les appareillages, par la lecture labiale, par la LfPC et par la pratique de la lecture elle-même. Néanmoins, leurs fonctionnements attentionnels, visuels et visuo-orthographiques sont différents de ceux des entendants et encore peu décrits par la littérature scientifique. Pour les enfants sourds signants, sans accès à la LV, l'accès au décodage est complexe, lourd et coûteux et les résultats souvent mitigés. De plus, la LSF est par essence visuelle, c'est la langue naturelle des enfants sourds intramodaux. Partant, du principe que l'enfant sourd signant développera sa langue maternelle bien mieux qu'une LV, les écoles bilingues biculturelles proposent un apprentissage de la lecture sur le principe de la littéracie émergente par une imprégnation précoce à l'écrit et un apprentissage fondé sur l'accès au sens. De nombreuses particularités du traitement oculomoteur visuel, visuo-orthographique et de répartition de l'attention sont observées chez ces lecteurs signants. Les meilleurs lecteurs sourds signants possèderaient notamment un EVP large en lecture de phrases alors que leur traitement des mots isolés est peu documenté. Or, dans le cadre de l'apprentissage, la première étape pour l'apprenti lecteur sourd signant est la reconnaissance visuelle du mot.

Nos travaux de thèses ont cherché à comprendre les facteurs phonologiques et visuo-attentionnels qui pourraient soutenir l'identification des mots isolés chez les enfants sourds oralisants et signants intramodaux déjà lecteurs (CE2-CM2), comparativement aux enfants entendants. L'originalité de notre

étude est de s'être appuyée sur un modèle de lecture de mots à voie unique, BRAID-Acq, pour interroger les performances en conscience phonologique et en Empan visuo-attentionnel afin d'estimer le poids de ces facteurs sur l'identification de mots chez les enfants sourds. Nos résultats montrent que l'EVA a un poids important sur la reconnaissance des mots écrits dans les trois populations étudiées. En revanche, la conscience phonologique n'a un poids important que chez les enfants oralisants. La lecture labiale contribue également de manière importante à l'identification lexicale écrite mais pas de la même manière chez les sourds oralisants et signants. Pour les premiers, elle vient préciser les unités phonologiques de la LV permettant l'amélioration de la conscience phonologique, essentielle à la lecture en voie phonologique alors que chez les seconds, elle apporte du sens au mot écrit en voie lexicale via sa correspondance avec le signe de la LSF.

Avec l'EVA, nous investiguons un champ inexploré de la littérature scientifique chez les enfants sourds. Nous avons dû contourner beaucoup de difficultés méthodologiques et suggérons par conséquent de nombreuses améliorations. Cependant, la mise à jour de cette compétence importante qu'est l'EVA montre que le domaine visuel n'est pas à négliger chez les enfants sourds et pourrait ainsi expliquer une part de la variabilité en lecture de mots. Les enfants sourds signants de notre étude lisent essentiellement en voie lexicale et montrent, pour beaucoup d'entre eux, des difficultés de lecture. Une proportion plus modérée des enfants oralisants présentent aussi un niveau de lecture de mots faible. La relation que nous avons démontrée entre le niveau de lecture et l'EVA prouve que leurs difficultés en lecture ne s'expliquent pas seulement par la difficulté ou l'absence d'accès à la conscience phonologique. L'EVA est donc une piste exploratoire à suivre pour permettre à un plus grand nombre de personnes sourdes d'accéder à l'écrit et modifier considérablement les objectifs rééducatifs et didactiques concernant la lecture des enfants sourds.

Bibliographie

- Aghababian, V., & Nazir, T. A. (2000). Developing Normal Reading Skills : Aspects of the Visual Processes Underlying Word Recognition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76(2), 123-150. <https://doi.org/10.1006/jecp.1999.2540>
- Alario, F., & Ferrand, L. (1999). A set of 400 pictures standardized for French : Norms for name agreement, image agreement, familiarity, visual complexity, image variability, and age of acquisition. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31(3), 531-552.
- Alasim, K., & Alqraini, F. (2020). Do d/Deaf Children Need Access to Spoken Phonology to Learn to Read? A Narrative Meta-analysis. *American Annals of the Deaf*, 164(5), 531-545. <https://doi.org/10.1353/aad.2020.0001>
- Alegria Iscoa, J., Charlier, B., Leybaert, J., Hage, C., & D'Hondt, M. (1999). **Surdité.** In J. A. Rondal & X. Seron, *Les troubles du langage : Bases théoriques, diagnostique et r education* (Mardaga, p. 551-587).
- Alegría, J., Carrillo, M.-S., Rueda, M. I., Domínguez, A.-B., Alegría, J., Carrillo, M.-S., Rueda, M. I., & Domínguez, A.-B. (2020). Lectura de oraciones en español : Similitudes y diferencias entre los niños con dislexia y niños con sordera. *Anales de Psicología*, 36(2), 295-303. <https://doi.org/10.6018/analesps.36.2.396841>
- Alegría, J., Charlier, B. L., & Mattys, S. (1999). The Role of Lip-reading and Cued Speech in the Processing of Phonological Information in French-educated Deaf Children. *European Journal of Cognitive Psychology*, 11(4), 451-472. <https://doi.org/10.1080/095414499382255>
- Allen, T. E., & Morere, D. A. (2020). Early visual language skills affect the trajectory of literacy gains over a three-year period of time for preschool aged deaf children who experience signing in the home. *PLOS ONE*, 15(2), e0229591. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229591>
- Alqraini, F. M., & Paul, P. V. (2020). The Effects of a Vocabulary Intervention on Teaching Multiple-Meaning Words to Students Who Are d/Deaf and Hard of Hearing. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 25(4), 469-489. <https://doi.org/10.1093/deafed/ena015>
- Altamimi, D. H. (2024). Phonological Awareness and Reading Ability : Exploring the Connection Between Phonological Skills and Reading Proficiency. *Theory and Practice in Language Studies*, 14(9), Article 9. <https://doi.org/10.17507/tpIs.1409.28>
- Amadeo, M. B., Campus, C., Pavani, F., & Gori, M. (2019). Spatial Cues Influence Time Estimations in Deaf Individuals. *iScience*, 19, 369-377. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.07.042>
- Ambert-Dahan, E. (2014). Perception des émotions non verbales dans la musique, les voix et les visages chez les adultes implantés cochléaires présentant une surdité évolutive [Phdthesis, Université Charles de Gaulle - Lille III]. <https://theses.hal.science/tel-01176392>
- Ambrose, S. E., Fey, M. E., & Eisenberg, L. S. (2012). Phonological Awareness and Print Knowledge of Preschool Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(3), 811-823. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/11-0086\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/11-0086))

- Amenta, S., Artesini, L., Musola, D., Frau, G. N., Vespignani, F., & Pavani, F. (2021). Probing language processing in cochlear implant users with visual word recognition : Effects of lexical and orthographic word properties. <https://www.research.unipd.it/handle/11577/3369049>
- Anderson, C. A., Lazard, D. S., & Hartley, D. E. H. (2017). Plasticity in bilateral superior temporal cortex : Effects of deafness and cochlear implantation on auditory and visual speech processing. *Hearing Research*, 343, 138-149. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.07.013>
- Anderson, D., & Reilly, J. (2002). The MacArthur Communicative Development Inventory : Normative Data for American Sign Language. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 7(2), 83-106. <https://doi.org/10.1093/deafed/7.2.83>
- Andin, J., Holmer, E., Schönström, K., & Rudner, M. (2021). Working Memory for Signs with Poor Visual Resolution : fMRI Evidence of Reorganization of Auditory Cortex in Deaf Signers. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.)*, 31(7), 3165-3176. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa400>
- Andin, J., Orfanidou, E., Cardin, V., Holmer, E., Capek, C., Woll, B., Rönnerberg, J., & Rudner, M. (2013). Similar digit-based working memory in deaf signers and hearing non-signers despite digit span differences. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2013.00942>
- Andin, J., Rönnerberg, J., & Rudner, M. (2014). Deaf signers use phonology to do arithmetic. *Learning and Individual Differences*, 32, 246-253. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.03.015>
- Andrews, J. F., & Wang, Y. (2015). The Qualitative Similarity Hypothesis : Research Synthesis and Future Directions. *American Annals of the Deaf*, 159(5), 468-483. <https://www.jstor.org/stable/26235028>
- Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. *Psychological Review*, 105, 678-723. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.105.4.678-723>
- Anthony, J. L., & Francis, D. J. (2005). Development of Phonological Awareness. *Current Directions in Psychological Science*, 14(5), 255-259. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00376.x>
- Antia, S. D., Lederberg, A. R., Easterbrooks, S., Schick, B., Branum-Martin, L., Connor, C. M., & Webb, M.-Y. (2020). Language and Reading Progress of Young Deaf and Hard-of-Hearing Children. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 25(3), 334-350. <https://doi.org/10.1093/deafed/enz050>
- Antzaka, A., Acha, J., Carreiras, M., & Lallier, M. (2019). Does the visual attention span play a role in the morphological processing of orthographic stimuli? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 72(7), 1704-1716. <https://doi.org/10.1177/1747021818806470>
- APA, A. P. A. (2015). DSM-5-Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (5ème Edition). Traduction française par M.A Crocq et J.D Guelfi 2015. Mini DSM 5 – Critères Diagnostiques M.A Crocq et J.D Guelfi 2015. Masson.
- Aparicio, M., Demont, E., Metz-Lutz, M.-N., Leybaert, J., & Alegria, J. (2014). Why do deaf participants have a lower performance than hearing participants in a visual rhyming task : A phonological hypothesis. *Reading and Writing*, 27(1), 31-54. <https://doi.org/10.1007/s11145-013-9432-9>

- Araújo, S., Faisca, L., Bramão, I., Reis, A., & Petersson, K. M. (2015). Lexical and sublexical orthographic processing : An ERP study with skilled and dyslexic adult readers. *Brain and Language*, 141, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.11.007>
- Araújo, S., Reis, A., Petersson, K. M., & Faisca, L. (2015). Rapid automatized naming and reading performance : A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 107(3), 868-883. <https://doi.org/10.1037/edu0000006>
- Assor, H., Miller, P., Peleg, O., & Eviatar, Z. (2020). Phonology and orthography in deaf readers : Evidence from a lateralized ambiguity resolution paradigm. *Laterality*, 25. <https://doi.org/10.1080/1357650X.2020.1837857>
- Awadh, F., Zoubrinetzky, R., Zaher, A., & Valdois, S. (2022). Visual attention span as a predictor of reading fluency and reading comprehension in Arabic. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.868530>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer : A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Bagou, O., & Frauenfelder, U. H. (2002). Aligement lexical et segmentation de la parole. *Revue française de linguistique appliquée*, VII(1), 67-82. <https://doi.org/10.3917/rfla.071.0067>
- Baker, A., & Van Den Bogaerde, B. (2008). Code-mixing in signs and words in input to and output from children. *Sign Bilingualism: Language Development, Interaction, and Maintenance in Sign Language Contact Situations*, 2008, ISBN 978-90-272-4149-8, Págs. 1-27, 1-27. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5724370>
- Baker, A., & Woll, B. (2008). *Sign Language Acquisition*. John Benjamins Publishing.
- Bandini, H. H. M., Bandini, C. S. M., & Ranciaro, A. (2017). Relations Between Reading, Vocabulary and Phonological Awareness in low-Income Children. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 27, 314-323. <https://doi.org/10.1590/1982-43272768201709>
- Banfi, C., Kemény, F., Gangl, M., Schulte-Körne, G., Moll, K., & Landerl, K. (2018). Visual attention span performance in German-speaking children with differential reading and spelling profiles : No evidence of group differences. *PLOS ONE*, 13(6), e0198903. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198903>
- Barca, L., Pezzulo, G., Castrataro, M., Rinaldi, P., & Caselli, M. C. (2013). Visual Word Recognition in Deaf Readers : Lexicality Is Modulated by Communication Mode. *PLOS ONE*, 8(3), e59080. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059080>
- Bassano, D. (1998). *Sémantique Et Syntaxe Dans L'acquisition Des Classes De Mots : L'exemple Des Noms Et Des Verbes En Français*. *Langue Française*, 118, 26-48. <https://www.jstor.org/stable/41558865>**
- Bassano, D. (2005). Production naturelle précoce et acquisition du langage. *Lidil. Revue de linguistique et de didactique des langues*, 31, Article 31. <https://doi.org/10.4000/lidil.136>
- Bavelier, D., Dye, M. W. G., & Hauser, P. C. (2006). Do deaf individuals see better? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(11), 512-518. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.09.006>

- Beaujard, L. (2021). Le “ H ” de “ escargot ” ou penser l’écrit avec la langue des signes : L’exemple de jeunes enfants sourds locuteurs de la LSF. *Réal2 : Influences translinguistiques : où en est-on aujourd’hui ?* <https://hal.science/hal-04457366>
- Beaujard, L., & Garcia, B. (2020). Etudier l’émergence de l’écrit chez des enfants sourds signeurs en maternelle : Questions et enjeux méthodologiques. *Journal of French Language Studies*, 30(2), 117-140. <https://doi.org/10.1017/S0959269520000095>
- Beaujard, L., & Perini, M. (2022). The Role and Place of Sign Language in Deaf Youth’s Access to Literacy : Contributions of a Cross-Review of ASL-English and LSF-French Research. *Frontiers in Communication*, 7. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2022.810724>
- Beech, J. R., & Harris, M. (1997). The Prelingually Deaf Young Reader : A Case of Reliance on Direct Lexical Access? *Journal of Research in Reading*, 20(2), 105-121. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.00024>
- Beer, J., Kronenberger, W. G., Castellanos, I., Colson, B. G., Henning, S. C., & Pisoni, D. B. (2014). Executive functioning skills in preschool-age children with cochlear implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(4), 1521-1534. https://doi.org/10.1044/2014_jslhr-h-13-0054
- Bélanger, N. N., Baum, S. R., & Mayberry, R. I. (2012). Reading Difficulties in Adult Deaf Readers of French : Phonological Codes, Not Guilty! *Scientific Studies of Reading*, 16(3), 263-285. <https://doi.org/10.1080/10888438.2011.568555>
- Bélanger, N. N., Lee, M., & Schotter, E. R. (2018). Young skilled deaf readers have an enhanced perceptual span in reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(1), 291-301. <https://doi.org/10.1080/17470218.2017.1324498>
- Bélanger, N. N., Mayberry, R. I., & Rayner, K. (2013). Orthographic and Phonological Preview Benefits : Parafoveal Processing in Skilled and Less-Skilled Deaf Readers. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(11), 2237-2252. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.780085>
- Bélanger, N. N., & Rayner, K. (2013). Frequency and predictability effects in eye fixations for skilled and less-skilled deaf readers. *Visual Cognition*, 21(4), 477-497. <https://doi.org/10.1080/13506285.2013.804016>
- Bélanger, N. N., & Rayner, K. (2015). What Eye Movements Reveal About Deaf Readers. *Current Directions in Psychological Science*, 24(3), 220-226. <https://www.jstor.org/stable/44319019>
- Bélanger, N. N., Slattery, T. J., Mayberry, R. I., & Rayner, K. (2012). Skilled deaf readers have an enhanced perceptual span in reading. *Psychological Science*, 23(7), 816-823. <https://doi.org/10.1177/0956797611435130>
- Benchiheb, M.-E.-F. (2017). **Contribution à l’analyse des mouvements 3D de la Langue des Signes Française (LSF) en Action et en Perception** [Phdthesis, Université Paris Saclay (COMUE)]. <https://theses.hal.science/tel-01839676>
- Berger, L., Pyers, J., Lieberman, A., & Caselli, N. (2024). Parent American Sign Language skills correlate with child—but not toddler—ASL vocabulary size. *Language Acquisition*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10489223.2023.2178312>

- Bernard, J.-B., & Castet, E. (2019). The optimal use of non-optimal letter information in foveal and parafoveal word recognition. *Vision Research*, 155, 44-61. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2018.12.006>
- Berninger, V. W., Abbott, R. D., Nagy, W., & Carlisle, J. (2010). Growth in Phonological, Orthographic, and Morphological Awareness in Grades 1 to 6. *Journal of Psycholinguistic Research*, 39(2), 141-163. <https://doi.org/10.1007/s10936-009-9130-6>
- Berthiaume, R., & Daigle, D. (2014). Morphological Processing and Learning to Read : The Case of Deaf Children. *Deafness & Education International*, 16(4), 185-203. <https://doi.org/10.1179/1557069X14Y.0000000036>
- Bertoncini, J. (2009). Chemin faisant de la syllabe à la syllabe en passant par la prosodie. *Enfance*, 3(3), 355-361. <https://doi.org/10.3917/enf1.093.0355>
- Bertoncini, J., & Mehler, J. (1981). Syllables as units in infant speech perception. *Infant Behavior and Development*, 4, 247-260. [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(81\)80027-6](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(81)80027-6)
- Bertran, M., & Beveraggi, C. (2006). **Relation entre le niveau de l'exposition à l'écrit et le développement des connaissances orthographiques chez les enfants sourds** (Doctoral dissertation). [Mémoire d'orthophonie]. **Université Claude-Bernard**, Lyon I.
- Beyersmann, E., Wegener, S., Spencer, J., & Castles, A. (2023). Acquisition of orthographic forms via spoken complex word training. *Psychonomic Bulletin & Review*, 30(2), 739-750. <https://doi.org/10.3758/s13423-022-02185-y>
- Bharadwaj, S. V., Maricle, D., Green, L., & Allman, T. (2015). Working memory, short-term memory and reading proficiency in school-age children with cochlear implants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 79(10), 1647-1653. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.07.006>
- Bijeljac-Babic, R., Bertoncini, J., & Mehler, J. (1993). How do 4-day-old infants categorize multisyllabic utterances? *Developmental Psychology*, 29(4), 711-721. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.29.4.711>
- Bishara, A. J., & Hittner, J. B. (2012). Testing the significance of a correlation with nonnormal data : Comparison of Pearson, Spearman, transformation, and resampling approaches. *Psychological Methods*, 17(3), 399-417. <https://doi.org/10.1037/a0028087>
- Blomquist, C., Newman, R. S., Huang, Y. T., & Edwards, J. (2021). Children With Cochlear Implants Use Semantic Prediction to Facilitate Spoken Word Recognition. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(5), 1636-1649. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-20-00319
- Blondel, M. (2009). Acquisition bilingue LSF-français : **L'enfant qui grandit avec deux langues et dans deux modalités**. *Acquisition et interaction en langue étrangère*, Aile... Lia 1, Article Aile... Lia 1. <https://doi.org/10.4000/aile.4520>
- Blythe, H. I., Dickins, J. H., Kennedy, C. R., & Liversedge, S. P. (2018). Phonological processing during silent reading in teenagers who are deaf/hard of hearing: An eye movement investigation. *Developmental Science*, 21(5), e12643. <https://doi.org/10.1111/desc.12643>

- Bogaert, L. V., Machart, L., Gerber, S., Vilain, A., Løevenbruck, H., & Eul, C. (2024).** *Mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'implant cochléaire utilisant différentes approches de rééducation langagière.* *Revue de neuropsychologie*, 16(2), 77-87. <https://doi.org/10.1684/nrp.2024.0785>
- Bogliotti, C. (2023). *Modélisation (neuro)cognitive du traitement neurotypique et pathologique de la LSF* [Thesis, Université Toulouse Jean Jaurès]. <https://hal.science/tel-04398960>
- Bogliotti, C., Aksen, H., & Isel, F. (2020). Language experience in LSF development : Behavioral evidence from a sentence repetition task. *PLOS ONE*, 15(11), e0236729. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236729>
- Bogliotti, C., & Isel, F. (2021). Manual and Spoken Cues in French Sign Language's **Lexical Access** : Evidence From Mouthing in a Sign-Picture Priming Paradigm. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.655168>
- Bola, Ł., Zimmermann, M., Mostowski, P., Jednoróg, K., Marchewka, A., Rutkowski, P., & Szwed, M. (2017).** Task-specific reorganization of the auditory cortex in deaf humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(4), E600-E609. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609000114>
- Bolger, D. J., Balass, M., Landen, E., & Perfetti, C. A. (2008). Context Variation and Definitions in Learning the Meanings of Words : An Instance-Based Learning Approach. *Discourse Processes*, 45(2), 122-159. <https://doi.org/10.1080/01638530701792826>
- Bonin, P., Peereman, R., Malardier, N., Méot, A., & Chalard, M. (2003). A new set of 299 pictures for psycholinguistic studies : French norms for name agreement, image agreement, conceptual familiarity, visual complexity, image variability, age of acquisition, and naming latencies. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 35(1), 158-167. <https://doi.org/10.3758/BF03195507>
- Booth, J. R., Perfetti, C. A., & MacWhinney, B. (1999). Quick, automatic, and general activation of orthographic and phonological representations in young readers. *Developmental Psychology*, 35(1), 3-19. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.35.1.3>
- Borel, S., & Dodier, C. (2013). 2. Les modes de communication. In *Surdité et santé mentale* (p. 25-43). Lavoisier. <https://doi.org/10.3917/lav.quere.2013.01.0025>
- Borel, S., & Leybaert, J. (2020). **Surdités de l'enfant et de l'adulte** : Bilans et interventions orthophoniques. De Boeck Supérieur.
- Bosse, M., Chaves, N., Largy, P., & Valdois, S. (2015). Orthographic learning during reading : The role of whole-word visual processing. *Journal of Research in Reading*, 2(38), 141-158. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2012.01551.x>
- Bosse, M.-L., Tainturier, M. J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia : The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104(2), 198-230. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.05.009>
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance : A cross-sectional study. *Journal of Research in Reading*, 32(2), 230-253. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2008.01387.x>

- Bosse, M.-L., Valdois, S., & Dompnier, B. (2009). Acquisition du langage écrit et empan visuo-attentionnel : Une étude longitudinale. In J.-E. Gombert, **Approche Cognitive de l'apprentissage de la langue écrite** (p. 167-178). PUR. <https://hal.science/hal-00817793>
- Bosworth, R. G., Binder, E. M., Tyler, S. C., & Morford, J. P. (2021). Automaticity of lexical access in deaf and hearing bilinguals : Cross-linguistic evidence from the color Stroop task across five languages. *Cognition*, 212, 104659. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104659>
- Bouccara, D., Avan, P., Mosnier, I., Grayeli, A. B., Ferrary, E., & Sterkers, O. (2005). Réhabilitation auditive. *médecine/sciences*, 21(2), Article 2. <https://doi.org/10.1051/medsci/2005212190>
- Boutla, M., Supalla, T., Newport, E. L., & Bavelier, D. (2004). Short-term memory span : Insights from sign language. *Nature Neuroscience*, 7(9), 997-1002. <https://doi.org/10.1038/nn1298>
- Bouton, S. (2010). Apprendre à lire avec un implant cochléaire : Sur la base de quel signal auditif ? [Phdthesis, Université de Provence - Aix-Marseille I]. <https://theses.hal.science/tel-00585948>
- Bouton, S., Bertoncini, J., Serniclaes, W., & Colé, P. (2011). Reading and Reading-Related Skills in Children Using Cochlear Implants : Prospects for the Influence of Cued Speech. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 16(4), 458-473. <https://doi.org/10.1093/deafed/enr014>
- Bouton, S., Colé, P., & Serniclaes, W. (2012). The influence of lexical knowledge on phoneme discrimination in deaf children with cochlear implants. *Speech Communication*, 54(2), 189-198. <https://doi.org/10.1016/j.specom.2011.08.002>
- Bouton, S., Serniclaes, W., Bertoncini, J., & Colé, P. (2012). Perception of Speech Features by French-Speaking Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(1), 139-153. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0330\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0330))
- Boutora, L. (2008). **Fondements historiques et implications théoriques d'une phonologie des langues des signes**—Etude de la perception catégorielle des configurations manuelles en LSF et réflexion sur la transcription des langues des signes [Phdthesis, Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis]. <https://theses.hal.science/tel-00833507>
- Bouvier-Chaverot, M., Peiffer, E., N'Guyen-Morel, M.-A., & Valdois, S. (2012). Un cas de dyslexie **développementale avec trouble isolé de l'empan visuo-attentionnel**. *Revue de neuropsychologie*, 4(1), 24-35. <https://doi.org/10.3917/rne.041.0024>
- Bowey, J. A., & Muller, D. (2005). Phonological recoding and rapid orthographic learning in third-**graders' silent reading** : A critical test of the self-teaching hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92(3), 203-219. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.06.005>
- Boysson-Bardies, B. de. (1996). Comment la parole vient aux enfants. Odile Jacob.
- Braffort, A. (2016). *La Langue des Signes Française (LSF) : Modélisations, ressources et applications*. ISTE Group.
- Bragard, A., Marchal, P., & Biard, M.-C. (2019). **Apport de l'Alphabet des Kinèmes Assistés (AKA) sur le développement des compétences phonologiques des enfants déficients auditifs prélecteurs**. *L'Année psychologique*, 119(3), 333-361. <https://doi.org/10.3917/anpsy1.193.0333>
- Brentari, D. (2019). *Sign Language Phonology*. Cambridge University Press.

- Brentari, D., & Padden, C. A. (2001). Native and Foreign Vocabulary in American Sign Language : A Lexicon With Multiple Origins. In *Foreign Vocabulary in Sign Languages*. Psychology Press.
- Briec, J. (2012). *Implant cochléaire et développement du langage chez les jeunes enfants sourds profonds* [Phdthesis, Université Rennes 2]. <https://theses.hal.science/tel-00775862>
- Brown, G. D. A., & Deavers, R. P. (1999). Units of Analysis in Nonword Reading : Evidence from Children and Adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 73(3), 208-242. <https://doi.org/10.1006/jecp.1999.2502>
- Bryant, P. E., MacLean, M., Bradley, L. L., & Crossland, J. (1990). Rhyme and alliteration, phoneme detection, and learning to read. *Developmental Psychology*, 26(3), 429-438. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.26.3.429>
- Brysaert, M., Mandera, P., & Keuleers, E. (2018). The Word Frequency Effect in Word Processing : An Updated Review. *Current Directions in Psychological Science*, 27(1), 45-50. <https://doi.org/10.1177/0963721417727521>
- Brysaert, M., Stevens, M., Mandera, P., & Keuleers, E. (2016). The impact of word prevalence on lexical decision times : Evidence from the Dutch Lexicon Project 2. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42(3), 441-458. <https://doi.org/10.1037/xhp0000159>
- Bucci, M. P., Nassibi, N., Gerard, C.-L., Bui-Quoc, E., & Seassau, M. (2012). Immaturity of the Oculomotor Saccade and Vergence Interaction in Dyslexic Children : Evidence from a Reading and Visual Search Study. *PLOS ONE*, 7(3), e33458. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033458>
- Buchanan, -Worster Elizabeth, MacSweeney, M., Pimperton, H., Kyle, F., Harris, M., Beedie, I., Ralph, -Lewis Amelia, & Hulme, C. (2020). Speechreading Ability Is Related to Phonological Awareness and Single-Word Reading in Both Deaf and Hearing Children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(11), 3775-3785. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00159
- Burkholder, R. A., & Pisoni, D. B. (2003). Speech timing and working memory in profoundly deaf children after cochlear implantation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85(1), 63-88. [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(03\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(03)00033-X)
- Caldwell-Harris, C. L., & Hoffmeister, R. J. (2022). Learning a second language via print : On the logical necessity of a fluent first language. *Frontiers in Communication*, 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcomm.2022.900399>
- Calin, D. (2005). Comprendre la loi de février 2005 sur les droits des personnes handicapées. *Enfances & Psy*, 29(4), 191-200. <https://doi.org/10.3917/ep.029.0191>
- Camarena, L. R. M. (2022). Phonological and orthographic processing in deaf readers during recognition of written and fingerspelled words in Spanish and English. UCL (Universtiy College London).
- Campbell, R., & Wright, H. (1988). Deafness, Spelling and Rhyme : How Spelling Supports Written Word and Picture Rhyming Skills in Deaf Subjects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 40(4), 771-788. <https://doi.org/10.1080/14640748808402298>

- Cappeau, P. (2016). **Questions sur l'oral** : Médium, syntaxe, genre. *Le français aujourd'hui*, 195(4), 23-36. <https://doi.org/10.3917/lfa.195.0023>
- Cara, B. D., & Goswami, U. (2003). Phonological neighbourhood density : Effects in a rhyme awareness task in five-year-old children. *Journal of Child Language*, 30(3), 695-710. <https://doi.org/10.1017/S03050009030005725>
- Carail, E. (2019). **Modélisation bayésienne et étude expérimentale du rôle de l'attention visuelle dans l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques** [Phdthesis, Université Grenoble Alpes]. <https://theses.hal.science/tel-02893469>
- Caravolas, M., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2001). The Foundations of Spelling Ability : Evidence from a 3-Year Longitudinal Study. *Journal of Memory and Language*, 45(4), 751-774. <https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2785>
- Caravolas, M., Lervåg, A., Mousikou, P., Efrim, C., Litavský, M., Onochie-Quintanilla, E., Salas, N., Schöffelová, M., Defior, S., Mikulajová, M., Seidlová-Málková, G., & Hulme, C. (2012). Common Patterns of Prediction of Literacy Development in Different Alphabetic Orthographies. *Psychological Science*, 23(6), 678-686. <https://doi.org/10.1177/0956797611434536>
- Cardin, V., Kremneva, E., Komarova, A., Vinogradova, V., Davidenko, T., Zmeykina, E., Kopnin, P. N., Iriskhanova, K., & Woll, B. (2023). Resting-state functional connectivity in deaf and hearing individuals and its link to executive processing. *Neuropsychologia*, 185, 108583. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108583>
- Carlisle, J. F. (2000). Awareness of the structure and meaning of morphologically complex words : Impact on reading. *Reading and Writing*, 12(3), 169-190. <https://doi.org/10.1023/A:1008131926604>
- Carlisle, J. F. (2010). Effects of Instruction in Morphological Awareness on Literacy Achievement : An Integrative Review. *Reading Research Quarterly*, 45(4), 464-487. <https://doi.org/10.1598/RRQ.45.4.5>
- Caselli, N. K., Hall, W. C., & Henner, J. (2020). American Sign Language Interpreters in Public Schools : An Illusion of Inclusion that Perpetuates Language Deprivation. *Maternal and Child Health Journal*, 24(11), 1323-1329. <https://doi.org/10.1007/s10995-020-02975-7>
- Caselli, N. K., & Pyers, J. E. (2020). Degree and not type of iconicity affects sign language vocabulary acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 46(1), 127-139. <https://doi.org/10.1037/xlm0000713>
- Caselli, N., Pyers, J., & Lieberman, A. M. (2021). Deaf Children of Hearing Parents Have Age-Level Vocabulary Growth When Exposed to American Sign Language by 6 Months of Age. *The Journal of Pediatrics*, 232, 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2021.01.029>
- Cassano, C. M., & Schickedanz, J. A. (2015). An Examination of the Relations Between Oral Vocabulary and Phonological Awareness in Early Childhood. *Literacy Research: Theory, Method, and Practice*, 64(1), 227-248. <https://doi.org/10.1177/2381336915617608>
- Castles, A., Rastle, K., & Nation, K. (2018). Ending the Reading Wars : Reading Acquisition From Novice to Expert. *Psychological Science in the Public Interest*, 19(1), 5-51. <https://doi.org/10.1177/1529100618772271>

- Catach, N., Gruaz, C., & Duprez, D. (1980). **L'orthographe française** : Traité théorique et pratique avec des travaux d'application et leurs corrigés (Vol. 3). Nathan Paris.
- Cates, D. M., Traxler, M. J., & Corina, D. P. (2022). Predictors of reading comprehension in deaf and hearing bilinguals. *Applied Psycholinguistics*, 43(1), 81-123. <https://doi.org/10.1017/S0142716421000412>
- Catts, H. W., Fey, M. E., Zhang, X., & Tomblin, J. B. (2001). Estimating the Risk of Future Reading Difficulties in Kindergarten Children. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 32(1), 38-50. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2001/004\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2001/004))
- Catts, H. W., Nielsen, D. C., Bridges, M. S., Liu, Y. S., & Bontempo, D. E. (2015). Early Identification of Reading Disabilities Within an RTI Framework. *Journal of Learning Disabilities*, 48(3), 281-297. <https://doi.org/10.1177/0022219413498115>
- Cauchard, F. (2008). Empan perceptif en lecture et en recherche d'information dans un texte : Influence des signaux visuels [Phdthesis, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II]. <https://theses.hal.science/tel-00342146>
- Cauchi, C. (2022). **Etude développementale de l'intégration spatiale de l'information orthographique** durant la lecture de mots dans le paradigme de la Flankers Task [Phdthesis, Université Lumière - Lyon II]. <https://theses.hal.science/tel-04057654>
- Chamberlain, C., & Mayberry, R. I. (2000). Theorizing About the Relation Between American Sign Language and Reading. In *Language Acquisition By Eye* (Lawrence Erlbaum Associates Publishers, p. 221-259). Psychology Press.
- Chamberlain, C., & Mayberry, R. I. (2008). American Sign Language syntactic and narrative comprehension in skilled and less skilled readers : Bilingual and bimodal evidence for the linguistic basis of reading. *Applied Psycholinguistics*, 29(3), 367-388. <https://doi.org/10.1017/S014271640808017X>
- Chan, K. S.-C., & Yeung, P.-S. (2020). Prediction of Chinese Reading Fluency by Verbal and Non-verbal Visual Attention Span Measures. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03049>
- Chanoine, V. (2023, juin 8). RESSOURCES.CREx. [OpenEdition]. Hypotheses. <https://blricrex.hypotheses.org/oculometrie>
- Charlier, B. (2020a). B.5. Communication et qualité de vie. In S. Borel & J. Leybaert, **Surdités de l'enfant et de l'adulte. Bilans et interventions orthophoniques** (De Boeck Supérieur., p. 54-66). De Boeck Supérieur.
- Charlier, B. (2020b). B.13. Bilan orthophonique : Évaluation des compétences en langue des signes. In S. Borel & J. Leybaert, **Surdités de l'enfant et de l'adulte. Bilans et interventions orthophoniques**. (De Boeck Supérieur, p. 118-124). De Boeck Supérieur.
- Charlier, B. L., & Leybaert, J. (2000). The rhyming skills of deaf children educated with phonetically augmented speechreading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 53(2), 349-375. <https://doi.org/10.1080/713755898>

- Charrad, M., Ghazzali, N., Boieau, V., & Niknafs, A. (2014). NbClust : An RPackage for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. *Journal of Statistical Software*, 61(6), 1-36. <https://doi.org/10.18637/jss.v061.i06>
- Chaves, N., Bosse, M.-L., & Largy, P. (2010). Le traitement visuel est-il impliqué dans l'acquisition de l'orthographe lexicale ? **A.N.A.E. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant**, 107-108, 133-141. <https://hal.science/hal-00825972>
- Chaves, N., Ginestet, E., & Bosse, M.-L. (2020). Lexical orthographic knowledge acquisition in adults : The whole-word visual processing impact. *European Review of Applied Psychology*, 70(1), 100520. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2019.100520>
- Chen, N. T., Zheng, M., & Ho, C. S.-H. (2019). Examining the visual attention span deficit hypothesis in Chinese developmental dyslexia. *Reading and Writing*, 32(3), 639-662. <https://doi.org/10.1007/s11145-018-9882-1>
- Cheng, H., & Caldwell-Harris, C. L. (2010). Orthography Shapes Semantic and Phonological Activation in Reading. *Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society*, 46-60. <https://doi.org/10.3765/bls.v36i1.3902>
- Chevrier-Muller, C. L., Simon, A. M., & Fournier, S. (1997). Batterie L2MA (Langage oral-Langage écrit-Mémoire-Attention). Centre de Psychologie Appliquée.
- Chilosi, A. M., Comparini, A., Scusa, M. F., Orazini, L., Forli, F., Cipriani, P., & Berrettini, S. (2013). A Longitudinal Study of Lexical and Grammar Development in Deaf Italian Children Provided With Early Cochlear Implantation. *Ear and Hearing*, 34(3), e28. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31827ad687>
- Ching, T. Y., Day, J., & Cupples, L. (2014). Phonological awareness and early reading skills in children with cochlear implants. *Cochlear Implants International*, 15(sup1), S27-S29. <https://doi.org/10.1179/1467010014Z.000000000172>
- Cirino, P. T., Barnes, M. A., Roberts, G., Miciak, J., & Gioia, A. (2022). Visual attention and reading : A test of their relation across paradigms. *Journal of Experimental Child Psychology*, 214, 105289. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105289>
- CISIC. (2021). Enquête « Le parcours de l'enfant implanté cochléaire » : Des résultats riches en informations. <https://www.cisic.fr/publications/l'enquetecisic>
- Clayton, F. J., West, G., Sears, C., Hulme, C., & Lervåg, A. (2020). A Longitudinal Study of Early Reading Development : Letter-Sound Knowledge, Phoneme Awareness and RAN, but Not Letter-Sound Integration, Predict Variations in Reading Development. *Scientific Studies of Reading*, 24(2), 91-107. <https://doi.org/10.1080/10888438.2019.1622546>
- Colé, P., Casalis, S., Gutiérrez, A. B. D., Leybaert, J., Schelstraete, M.-A., & Sprenger-Charolles, L. (2012). Chapitre 1. Apprendre à lire : Quelques repères. In *Lecture et pathologies du langage oral* (Presses universitaires de Grenoble, p. 7-16).
- Colette, B. (2000). Pour une entrée en communication de l'enfant sourd.** *Rééducation orthophonique*, 202, 101-110.

- Colin, C., & Croiseaux, É. (2020). B.11. Bilan orthophonique : Évaluation des habiletés de perception de la parole dans les modalités auditive, visuelle et audiovisuelle. In **Surdités de l'enfant et de l'adulte** (p. 101-107). De Boeck Supérieur. https://www.cairn-sciences.info/article.php?ID_ARTICLE=DBU_LEYBA_2020_01_0101
- Colin, C., & Radeau, M. (2003). Les illusions McGurk dans la parole : 25 ans de recherches. <https://doi.org/10.3406/psy.2003.29649>
- Colin, C., Zuinen, T., Bayard, C., & Leybaert, J. (2013). Phonological processing of rhyme in spoken language and location in sign language by deaf and hearing participants : A neurophysiological study. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 43(3), 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.03.001>
- Colin, S. (2004). Développement des habiletés phonologiques précoces et apprentissage de la lecture et **de l'écriture chez l'enfant sourd** : Apport du langage parlé complété (LPC) [These de doctorat, Lyon 2]. <https://theses.fr/2004LYO20023>
- Colin, S., Ecalle, J., Magnan, A., & Leybaert, J. (2003). Reconnaissance de mots écrits chez les enfants sourds de cours préparatoire : Apport du langage parlé complété (LPC). *ANAE. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, 15(4-5), 248-255.
- Colin, S., Ecalle, J., Truy, E., Lina-Granade, G., & Magnan, A. (2017). Effect of age at cochlear implantation and at exposure to Cued Speech on literacy skills in deaf children. *Research in Developmental Disabilities*, 71, 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.09.014>
- Colin, S., geraci, C., Leybaert, J., & petit, C. (2021). La scolarisation des élèves sourds en France : État des lieux et recommandations (p. 1-75) [Note du CSEN]. CSEN. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/WEB_La_scolarisation_des_eleves_sourds_en_France.pdf
- Colin, S., Leybaert, J., Ecalle, J., & Magnan, A. (2013). The development of word recognition, sentence comprehension, word spelling, and vocabulary in children with deafness : A longitudinal study. *Research in Developmental Disabilities*, 34(5), 1781-1793. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.02.001>
- Colin, S., Magnan, A., Ecalle, J., & Leybaert, J. (2007). Relation between deaf children's phonological skills in kindergarten and word recognition performance in first grade. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(2), 139-146. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2006.01700.x>**
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC : A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108, 204-256. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.1.204>
- Connors, F. A., Loveall, S. J., Moore, M. S., Hume, L. E., & Maddox, C. D. (2011). An individual differences analysis of the self-teaching hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(2), 402-410. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.09.009>
- Content, A., Mousty, P., & Radeau, M. (1990). Brulex. Une base de données lexicales informatisée pour le français écrit et parlé. <https://doi.org/10.3406/psy.1990.29428>

- Conway, C. M., Pisoni, D. B., Anaya, E. M., Karpicke, J., & Henning, S. C. (2011). Implicit sequence learning in deaf children with cochlear implants. *Developmental Science*, 14(1), 69-82. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.00960.x>
- Cooley, F. G., & Quinto-Pozos, D. (2023). Examining speech-based phonological recoding during reading for adolescent deaf signers. *Journal of Experimental Psychology: General*, 152(7), 1995-2007. <https://doi.org/10.1037/xge0001362>
- Cop, U., Keuleers, E., Drieghe, D., & Duyck, W. (2015). Frequency effects in monolingual and bilingual natural reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(5), 1216-1234. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0819-2>
- Corbin, L., Moissenet, A., & Camos, V. (2012). Fonctionnement de la mémoire de travail chez des enfants présentant des difficultés scolaires. *Développements*, 11(2), 5-12. <https://doi.org/10.3917/devel.011.0005>
- Corina, D. P., Coffey-Corina, S., Pierotti, E., Mankel, K., & Miller, L. M. (2024). Electrophysiological study of visual processing in children with cochlear implants. *Neuropsychologia*, 194, 108774. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108774>
- Cornett, R. O. (1967). Cued Speech. *American Annals of the Deaf*, 112(1), 3-13. <https://www.jstor.org/stable/44392079>
- COST Action IS0804. (2011). Questionnaire for Parents of Bilingual Children (PaBiQ). <http://www.bisli.org>
- Costello, B., Caffarra, S., Fariña, N., Duñabeitia, J. A., & Carreiras, M. (2021). Reading without phonology : ERP evidence from skilled deaf readers of Spanish. *Scientific Reports*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84490-5>
- Couvee, S., Wauters, L., Knoors, H., Verhoeven, L., & Segers, E. (2023). Predicting variation in word decoding development in deaf and hard-of-hearing children. *Reading and Writing*. <https://doi.org/10.1007/s11145-023-10444-0>
- Couvee, S., Wauters, L., Verhoeven, L., Knoors, H., & Segers, E. (2022). Predicting Early Literacy : Auditory and Visual Speech Decoding in Deaf and Hard-of-Hearing Children. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, enac019. <https://doi.org/10.1093/deafed/enac019>
- Crasborn, O., van der kooij, E., Waters, D., Woll, B., & Mesch, J. (2008). Frequency distribution and spreading behavior of different types of mouth actions in three sign languages. *Sign Language & Linguistics*, 11, 45-67. <https://doi.org/10.1075/sl&U38;I.11.1.04cra>
- Cravo, F. A. M., Almeida-Verdu, A. C. M., Lucchesi, F. D. M., Silva, L. T. do N., & Moret, A. L. M. (2019). Teaching a Child with Cochlear Implant to Read Words with Orthographic Difficulties. *Trends in Psychology*, 27, 819-835. <https://doi.org/10.9788/TP2019.4-01>
- Cripps, J. H., McBride, K. A., & Forster, K. I. (2005). Lexical processing with deaf and hearing : Phonology and orthographic masked priming. *Journal of Second Language Acquisition and Teaching*, 12(0), Article 0. <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/AZSLAT/article/view/21285>

- Cummins, J. (2000). *Language, Power, and Pedagogy : Bilingual Children in the Crossfire*. Multilingual Matters.
- Cummins, J. (2017). Teaching for transfer in multilingual school contexts. In O. Garcia, M. Y. A. Lin, S. May, & N. Hornberger, *Bilingual and Multilingual Education* (Vols. 1-3, p. 103-115). Springer.
- Cunningham, A. E. (2006). Accounting for children's orthographic learning while reading text : Do children self-teach?** *Journal of Experimental Child Psychology*, 95(1), 56-77. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.03.008>
- Cunningham, A. E., Perry, K. E., Stanovich, K. E., & Share, D. L. (2002). Orthographic learning during reading : Examining the role of self-teaching. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82(3), 185-199. [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(02\)00008-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(02)00008-5)
- Cupples, L., Ching, T. Y. C., Crowe, K., Day, J., & Seeto, M. (2014). Predictors of Early Reading Skill in 5-Year-Old Children With Hearing Loss Who Use Spoken Language. *Reading Research Quarterly*, 49(1), 85-104. <https://doi.org/10.1002/rrq.60>
- Cuxac, C. (2000). **La Langue des Signes Française. Les Voies de l'Iconicité.** <https://shs.hal.science/halshs-03450871>
- Cuxac, C. (2004). Phonétique de la LSF: une formalisation problématique. 93-113.
- Cuxac, C., & Pizzuto, E. A. (2010). Émergence, norme et variation dans les langues des signes : Vers une redéfinition notionnelle. *Langage et société*, 131(1), 37-53. <https://doi.org/10.3917/lis.131.0037>
- Daigle, D. (2003). Étude des traitements phonémique, syllabique, morphologique et visuo-orthographique en lecture chez des élèves sourds du primaire et du secondaire. [*Sciences de l'éducation : didactique*]. Université de Montréal.
- Daigle, D. (2004). Étude des traitements phonémique, syllabique, morphologique et visuo-orthographique en lecture chez des élèves sourds du primaire et du secondaire. Université Ottawa.
- Daigle, D., Berthiaume, R., Costerg, A., & Plisson, A. (2020). What Do Spelling Errors Tell Us about Deaf Learners of French? *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 25(3), 365-376. <https://doi.org/10.1093/deafed/enz049>
- Dardenne, M.-S., Lejeune, B., & Maillart, C. (2019). **Etude du développement phonologique de l'enfant sourd porteur d'implant(s) cochléaire(s).** <https://orbi.uliege.be/handle/2268/239176>
- Dauman, R., Carbonnière, B., Soriano, V., Berger-Lautissier, S., Bouyé, J., Debruge, E., Coriat, G., & **Bébéar, J. P. (1998). Implants cochléaires chez l'adulte et l'enfant.** In *Encyclopédie Medico-Chirurgicale* (Elsevier, Vol. 20, p. 1-12).
- David, J. (2000). Le lexique et son acquisition: Aspects cognitifs et linguistiques. *Le Français aujourd'hui*, 131, 31-41.
- Davis, C. J. (2001). The self-organising lexical acquisition and recognition (SOLAR) model of visual word recognition (Vol. 62, Numéros 1-B, p. 594). ProQuest Information & Learning.
- Daza González, M. T., Ruiz, M. del M., & Rodríguez, M. Á. (2014). Recodificación fonológica para el reconocimiento de palabras escritas en niños sordos. *Logopedia: Evolución transformación y futuro*,

- 2014, ISBN 978-84-697-0765-4, pág. 219, 219.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8667231>
- Daza, M. T., Phillips-Silver, J., Ruiz-Cuadra, M. D. M., & López-López, F. (2014). Language skills and nonverbal cognitive processes associated with reading comprehension in deaf children. *Research in Developmental Disabilities*, 35(12), 3526-3533. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.08.030>
- Debyser, F. (1970). La linguistique contrastive et les interférences. <https://doi.org/10.3406/lfr.1970.5527>
- Defior, S. (2004). Phonological Awareness and Learning to Read : A Cross-Linguistic Perspective. In T. Nunes & P. Bryant (Éds.), **Handbook of Children's Literacy** (p. 631-649). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1731-1_33
- Defior, S., Serrano, F., & Marín-Cano, M. J. (2008). El poder predictivo de las habilidades de conciencia fonológica en la lectura y escritura en castellano. En. *Estudios de desarrollo del lenguaje y educación. Studies on Language Development and Education*, 339-347.
- de Jong, P. F., & Van Den Boer, M. (2021). The relation of visual attention span with serial and discrete rapid automatized naming and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 207, 105093. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105093>
- Delahaie, M., Sprenger-Charolles, L., & Serniclaes, W. (2007). Effet de la lexicalité chez des faibles et très faibles lecteurs comparativement à des normolecteurs de même âge et de même niveau de lecture. *L'Année psychologique*, 107, 361-376. <https://hal.science/hal-00733576>
- Demers, D., & Bergeron, F. (2019). Effectiveness of Rehabilitation Approaches Proposed to Children With Severe-to-Profound Prelinguistic Deafness on the Development of Auditory, Speech, and Language Skills : A Systematic Review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62(11), 4196-4230. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-H-18-0137
- Demont, E., & Botzung, A. (2003). Contribution de la conscience phonologique et de la mémoire de travail aux difficultés en lecture : Étude auprès d'enfants dyslexiques et apprentis lecteurs. <https://doi.org/10.3406/psy.2003.29642>
- Denoyelle, F., Rouillon, I., Alvin, F., Parodi, M., Couloigner, V., Loundon, N., & Garabédian, N. (2021). Le dépistage néonatal de la surdité. *médecine/sciences*, 37(5), Article 5. <https://doi.org/10.1051/medsci/2021064>
- Denys, M., & Charlier, B. L. (2006). Chapitre 4. L'évaluation des compétences linguistiques des enfants atteints de surdité profonde.** In *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd* (p. 98-126). Mardaga. <https://www.cairn.info/competences-cognitives-linguistiques-et-sociales-d--9782870099339-p-98.htm>
- Deroche, M. L. D., Wolfe, J., Neumann, S., Manning, J., Hanna, L., Towler, W., Wilson, C., Bien, A. G., Miller, S., Schafer, E., Gemignani, J., Alemi, R., Muthuraman, M., Koirala, N., & Gracco, V. L. (2024). Cross-modal plasticity in children with cochlear implant : Converging evidence from EEG and functional near-infrared spectroscopy. *Brain Communications*, 6(3), fcae175. <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcae175>

- Descourtieux, C. (2006). Annexe 1. Le TERMO : **Test d'Évaluation de la Réception du Message Oral par l'enfant sourd**. In *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd* (p. 267-269). Mardaga.
- Dettman, S. J., Dowell, R. C., Choo, D., Arnott, W., Abrahams, Y., Davis, A., Dornan, D., Leigh, J., Constantinescu, G., Cowan, R., & Briggs, R. J. (2016). Long-term Communication Outcomes for Children Receiving Cochlear Implants Younger Than 12 Months : A Multicenter Study. *Otology & Neurotology*, 37(2), e82. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000915>
- Dhanik, K., Pandey, H. R., Mishra, M., Keshri, A., & Kumar, U. (2024). Neural adaptations to congenital deafness : Enhanced tactile discrimination through cross-modal neural plasticity - an fMRI study. *Neurological Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s10072-024-07615-4>
- Diependaele, K., Lemhöfer, K., & Brysbaert, M. (2013). The word frequency effect in first- and second-language word recognition : A lexical entrenchment account. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(5), 843-863. <https://doi.org/10.1080/17470218.2012.720994>
- Dijkstra, T., & Heuven, W. J. B. Van. (2002). The architecture of the bilingual word recognition system : From identification to decision. *Bilingualism: Language and Cognition*, 5(3), 175-197. <https://doi.org/10.1017/S1366728902003012>
- Dillon, C. M., de Jong, K., & Pisoni, D. B. (2012). Phonological Awareness, Reading Skills, and Vocabulary Knowledge in Children Who Use Cochlear Implants. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 17(2), 205-226. <https://doi.org/10.1093/deafed/enr043>
- Dillon, C. M., & Pisoni, D. B. (2004). Nonword repetition and reading in deaf children with cochlear implants. *International Congress Series*, 1273, 304-307. <https://doi.org/10.1016/j.ics.2004.07.042>
- Dodd, B., & Hermelin, B. (1977). Phonological coding by the prelinguistically deaf. *Perception & Psychophysics*, 21(5), 413-417. <https://doi.org/10.3758/BF03199495>
- Dodd, B., Mcintosh, B., Erdener, D., & Burnham, D. (2008). Perception of the auditory-visual illusion in speech perception by children with phonological disorders. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22(1), 69-82. <https://doi.org/10.1080/02699200701660100>
- Doignon-Camus, N., & Zagar, D. (2014). The syllabic bridge : The first step in learning spelling-to-sound correspondences. *Journal of Child Language*, 41(5), 1147-1165. <https://doi.org/10.1017/S0305000913000305>
- Domínguez, A.-B., Alegría, J., Carrillo, M.-S., & González, V. (2019). Learning to Read for Spanish-Speaking Deaf Children With and Without Cochlear Implants : The Role of Phonological and Orthographic Representation. *American Annals of the Deaf*, 164(1), 37-72. <https://www.jstor.org/stable/26663602>
- Domínguez, A.-B., Carrillo, M.-S., González, V., & Alegría, J. (2016). How Do Deaf Children With and Without Cochlear Implants Manage to Read Sentences : The Key Word Strategy. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 21(3), 280-292. <https://doi.org/10.1093/deafed/enw026>
- Domínguez, A.-B., Carrillo, M.-S., Pérez, M. del M., & Alegría, J. (2014). Analysis of reading strategies in deaf adults as a function of their language and meta-phonological skills. *Research in Developmental Disabilities*, 35(7), 1439-1456. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.03.039>

- Domínguez, A.-B., Pérez, I., & Alegría, J. (2012). Reading in deaf students : The role of the cochlear implant. *Journal for the Study of Education and Development*, 35(3), 327-341. <https://doi.org/10.1174/021037012802238993>
- Drasgow, E. (1993). Bilingual/Bicultural Deaf Education : An Overview. *Sign Language Studies*, 80(1), 243-266. <https://muse.jhu.edu/pub/18/article/506970>
- Duchesne, L. (2009). **Développement des habiletés linguistiques chez les enfants porteurs d'un implant cochléaire**. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/3041>
- Duchesne, L., Sutton, A., Bergeron, F., & Trudeau, N. (2010). Le développement lexical précoce des **enfants porteurs d'un implant cochléaire**. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology & Audiology*, 34(2), 132-145.
- Ducrot, S., & Lété, B. (2005). Le développement des capacités visuo-attentionnelles au cours de **l'acquisition de la lecture**. In Y. Coello, C. Moroni, & S. Casalis (Éds.), *Vision, espace et cognition : Fonctionnement normal et pathologique*. Presses Universitaires du Septentrion. <https://hal.science/hal-03551768>
- Ducrot, S., & Lété, B. (2008). Attention et contrôle oculaire en lecture experte. In G. A. Michael (Éd.), **Neurosciences cognitives de l'attention visuelle**. Solal. <https://hal.science/hal-03551771>
- Ducrot, S., Pynte, J., Ghio, A., & Lété, B. (2013). **Visual and linguistic determinants of the eyes' initial fixation position in reading development**. *Acta Psychologica*, 142(3), 287-298. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.01.013>
- Duñabeitia, J. A., Crepaldi, D., Meyer, A. S., New, B., Pliatsikas, C., Smolka, E., & Brysbaert, M. (2018). MultiPic : A standardized set of 750 drawings with norms for six European languages. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(4), 808-816. <https://doi.org/10.1080/17470218.2017.1310261>
- Dyer, A., MacSweeney, M., Szczerbinski, M., Green, L., & Campbell, R. (2003). Predictors of Reading Delay in Deaf Adolescents : The Relative Contributions of Rapid Automatized Naming Speed and Phonological Awareness and Decoding. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 8(3), 215-229. <https://doi.org/10.1093/deafed/eng012>
- Easterbrooks, S. R., & Lederberg, A. R. (2021). Reading Fluency in Young Elementary School Age Deaf and Hard-of-Hearing Children. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 26(1), 99-111. <https://doi.org/10.1093/deafed/enaa024>
- Easterbrooks, S. R., Lederberg, A. R., Miller, E. M., Bergeron, J. P., & Connor, C. M. (2008). Emergent literacy skills during early childhood in children with hearing loss : Strengths and weaknesses. *The Volta Review*, 108(2), 91-114.
- Écalle, J. (2006). *Timé-3 : Test d'identification de mots écrits*. Mot à mot éditions.
- Écalle, J., Dujardin, É., Labat, H., Thierry, X., & Magnan, A. (2022). Prédicteurs de réussite en lecture **dans l'Étude longitudinale française depuis l'enfance (ELFE)**. *Enfance*, 2(2), 195-216. <https://doi.org/10.3917/enf2.222.0195>

- Edwards, L., & Anderson, S. (2014). The Association Between Visual, Nonverbal Cognitive Abilities and Speech, Phonological Processing, Vocabulary and Reading Outcomes in Children With Cochlear Implants. *Ear and Hearing*, 35(3), 366-374. <https://doi.org/10.1097/AUD.000000000000012>
- Ehri, L. C., Nunes, S. R., Stahl, S. A., & Willows, D. M. (2001). Systematic Phonics Instruction Helps Students Learn to Read : **Evidence from the National Reading Panel's Meta-Analysis**. *Review of Educational Research*, 71(3), 393-447. <https://doi.org/10.3102/00346543071003393>
- Elbro, C., & Scarborough, H. S. (2013). Early Intervention. In T. Nunes & P. Bryant, *Handbook of Children's Literacy* (p. 361-381). Springer Science & Business Media.
- Elliott, E. A., Braun, M., Kuhlmann, M., & Jacobs, A. M. (2012). A dual-route cascaded model of reading by deaf adults : Evidence for grapheme to viseme conversion. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 17(2), 227-243. <https://doi.org/10.1093/deafed/enr047>
- Emmorey, K., Borinstein, H. B., & Thompson, R. (2005). Bimodal bilingualism : Code-blending between spoken English and American Sign Language. *Proceedings of the 4th International Symposium on Bilingualism*, 663-673.
- Emmorey, K., McCullough, S., & Weisberg, J. (2015). Neural correlates of fingerspelling, text, and sign processing in deaf American Sign Language–English bilinguals. *Language, Cognition and Neuroscience*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23273798.2015.1014924>
- Emmorey, K., Petrich, J. A. F., & Gollan, T. H. (2012). Bilingual processing of ASL–English code-blends : The consequences of accessing two lexical representations simultaneously. *Journal of Memory and Language*, 67(1), 199-210. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2012.04.005>
- Engbert, R., Nuthmann, A., Richter, E. M., & Kliegl, R. (2005). SWIFT : A Dynamical Model of Saccade Generation During Reading. *Psychological Review*, 112(4), 777-813. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.112.4.777>
- Ertmer, D. J., & Goffman, L. A. (2011). Speech Production Accuracy and Variability in Young Cochlear Implant Recipients : Comparisons With Typically Developing Age-Peers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(1), 177-189. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/09-0165\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/09-0165))
- Ertmer, D. J., Strong, L. M., & Sadagopan, N. (2003). Beginning to Communicate After Cochlear Implantation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(2), 328-340. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2003/026\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2003/026))
- Estève, I. (2011). **Approche bilingue et multimodale de l'oralité chez l'enfant sourd** : Outils d'analyses, socialisation, développement [Phdthesis, Université de Grenoble]. <https://theses.hal.science/tel-00988987>
- Facoetti, A., Franceschini, S., & Gori, S. (2019). Role of Visual Attention in Developmental Dyslexia. In C. Perfetti, K. Pugh, & L. Verhoeven (Éds.), *Developmental Dyslexia across Languages and Writing Systems* (p. 307-326). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108553377.014>

- Facoetti, A., Trussardi, A. N., Ruffino, M., Lorusso, M. L., Cattaneo, C., Galli, R., Molteni, M., & Zorzi, M. (2010). Multisensory Spatial Attention Deficits Are Predictive of Phonological Decoding Skills in Developmental Dyslexia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(5), 1011-1025. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21232>
- Fariña, N., Duñabeitia, J. A., & Carreiras, M. (2017). Phonological and orthographic coding in deaf skilled readers. *Cognition*, 168, 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.06.015>
- Farioli, F., Grainger, J., & Ferrand, L. (2011). PHOM: Une base de données de 14 000 pseudo-homophones. *L'Année psychologique*, 111(4), 725-751. <https://doi.org/10.3917/anpsy.114.0725>
- Feuilladiou, S., Assude, T., Tambone, J., & Millon-Fauré, K. (2021). Être scolarisé dans un parcours bilingue langue des signes française-français écrit : **Ce qu'en disent les élèves sourds et entendants**. *Alter*, 15(3), 203-215. <https://doi.org/10.1016/j.alter.2021.01.001>
- Florin, A. (2000). *Le développement du langage*. Dunod.
- Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Pedrolli, K., & Facoetti, A. (2012). A Causal Link between Visual Spatial Attention and Reading Acquisition. *Current Biology*, 22(9), 814-819. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.03.013>
- Frey, A., & Bosse, M.-L. (2018). Perceptual span, visual span, and visual attention span : Three potential ways to quantify limits on visual processing during reading. *Visual Cognition*, 26(6), 412-429. <https://doi.org/10.1080/13506285.2018.1472163>
- Frisch, S. A., & Pisoni, and D. B. (2000). Modeling Spoken Word Recognition Performance by Pediatric Cochlear Implant Users using Feature Identification. *Ear and Hearing*, 21(6), 578. https://journals.lww.com/ear-hearing/abstract/2000/12000/modeling_spoken_word_recognition_performance_by.5.aspx
- Frith, U. (1985). Beneath the Surface of Developmental Dyslexia. In *Surface Dyslexia*. Routledge.
- Furnes, B., & Samuelsson, S. (2011). Phonological awareness and rapid automatized naming predicting early development in reading and spelling : Results from a cross-linguistic longitudinal study. *Learning and Individual Differences*, 21(1), 85-95. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.10.005>
- Gárate-Estes, M., Lawyer, G. L., & García-Fernández, C. (2021). 10 The US Latinx Deaf Communities : Situating and Envisioning the Transformative Potential of Translanguaging. In M. T. Sánchez & O. García (Éds.), *Transformative Translanguaging Espacios : Latinx Students and their Teachers Rompiendo Fronteras sin Miedo* (p. 223-251). *Multilingual Matters*. <https://doi.org/10.21832/9781788926065-014>
- Garcia, B., & Derycke, M. (2010). Sourds et langues des signes : Norme et variations. *Langage et Société*, Numéro Spécial, 131, 5-18.
- García, O. (2009). Chapter 8 Education, Multilingualism and Translanguaging in the 21st Century. In T. Skutnabb-Kangas, R. Phillipson, A. K. Mohanty, & M. Panda (Éds.), *Social Justice through Multilingual Education* (p. 140-158). *Multilingual Matters*. <https://doi.org/10.21832/9781847691910-011>

- García, O., & Cole, D. (2014). Deaf gains in the study of bilingualism and bilingual education. In H.-D. L. Bauman & J. J. Murray, *Deaf Gain: Raising the Stakes for Human Diversity* (p. 95-111). U of Minnesota Press.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., & Adams, A.-M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93(3), 265-281. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.08.003>
- Gathercole, S. E., Willis, C., & Baddeley, A. D. (1991). Differentiating phonological memory and awareness of rhyme: Reading and vocabulary development in children. *British Journal of Psychology*, 82(3), 387-406. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1991.tb02407.x>
- Gavril, L., Roşan, A., & Szamosközi, Ştefan. (2021).** The role of visual-spatial attention in reading development: A meta-analysis. *Cognitive Neuropsychology*, 38(6), 387-407. <https://doi.org/10.1080/02643294.2022.2043839>
- Geers, A. E. (2003). Predictors of Reading Skill Development in Children with Early Cochlear Implantation. *Ear and Hearing*, 24(1), 59S. <https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000051690.43989.5D>
- Geers, A. E., & Hayes, H. (2011). Reading, Writing, and Phonological Processing Skills of Adolescents with 10 or More Years of Cochlear Implant Experience. *Ear and hearing*, 32(1), 49S-59S. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181fa41fa>
- Geers, A. E., Mitchell, C. M., Warner-Czyz, A., Wang, N.-Y., Eisenberg, L. S., & the CDaCI Investigative Team. (2017). Early Sign Language Exposure and Cochlear Implantation Benefits. *Pediatrics*, 140(1), e20163489. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-3489>
- Geers, A. E., Nicholas, J. G., & Sedey, A. L. (2003). Language Skills of Children with Early Cochlear Implantation. *Ear and Hearing*, 24(1), 46S. <https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000051689.57380.1B>
- Gellert, A. S., & Elbro, C. (2017). Does a Dynamic Test of Phonological Awareness Predict Early Reading Difficulties?: A Longitudinal Study From Kindergarten Through Grade 1. *Journal of Learning Disabilities*, 50(3), 227-237. <https://doi.org/10.1177/0022219415609185>
- Genesee, F. (2009). Early childhood bilingualism: Perils and possibilities. *Journal of Applied Research on Learning*. *Journal of Applied Research on Learning*, 2(2), 1-21.
- Georgiou, G. K., Parrila, R., & Papadopoulos, T. C. (2008). Predictors of word decoding and reading fluency across languages varying in orthographic consistency. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 566-580. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.566>
- Giezen, M. R., & Emmorey, K. (2016). Language co-activation and lexical selection in bimodal bilinguals: Evidence from picture–word interference. *Bilingualism: Language and Cognition*, 19(2), 264-276. <https://doi.org/10.1017/S1366728915000097>
- Gimeno-Martínez, M., & Baus, C. (2022). Iconicity in sign language production: Task matters. *Neuropsychologia*, 167, 108166. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108166>

- Ginestet, E. (2019). **Modélisation bayésienne et étude expérimentale du rôle de l'attention visuelle dans l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques** [Sciences cognitives, psychologie et neurocognition]. Grenoble Alpes.
- Ginestet, E., Valdois, S., & Diard, J. (2022). Probabilistic modeling of orthographic learning based on visuo-attentional dynamics. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29(5), 1649-1672. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-02042-4>
- Ginestet, E., Valdois, S., Diard, J., & Bosse, M.-L. (2020a). **Comprendre l'apprentissage orthographique et ses difficultés : Apports et critiques des dernières modélisations computationnelles**. A.N.A.E. **Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant**. <https://hal.science/hal-03093817>
- Ginestet, E., Valdois, S., Diard, J., & Bosse, M.-L. (2020b). Orthographic learning of novel words in adults : Effects of exposure and visual attention on eye movements. *Journal of Cognitive Psychology*, 32(8), 785-804. <https://doi.org/10.1080/20445911.2020.1823987>
- Girette, A. (2019). **L'acquisition de la lecture des sourds signeurs en langue des signes française (LSF) et en français écrit : L'hypothèse morphologique** [These de doctorat, Toulouse 2]. <https://theses.fr/2019TOU20116>
- Girette-Bouchaud, A., & Giraudo, H. (2018). Correspondances morphologiques entre le français et la langue des signes française : La question de la conscience morphologique chez les enfants sourds. **Travaux Interdisciplinaires du Laboratoire Parole et Langage d'Aix-en-Provence (TIPA)**, 34. <https://doi.org/10.4000/tipa.2473>
- Gobet, S. (2023). Scolarité pour les enfants sourds : Quels choix offerts pour les parents entendants ? *La Nouvelle revue – Éducation et société inclusives*, 2023/2(96), 77-93. <https://doi.org/10.3917/nresi.096.0077>
- Gombert, Bryant, & Warrick. (1997). Children's use of analogy in learning to read and spell. In Learning to Spell (p. 237-252). Routledge.**
- Gombert, J. É. (2018). Niveaux de contrôle cognitif lors des apprentissages linguistiques scolaires. **Recherches en didactique des langues et des cultures. Les cahiers de l'Acedle**, 15(1), Article 1. <https://doi.org/10.4000/rdlc.2727>
- Gombert, J.-E. (2003). Implicit and Explicit Learning to Read : Implication as for Subtypes of Dyslexia. *Current Psychology Letters. Behaviour, Brain & Cognition*, 10, Vol. 1, 2003, Article 10, Vol. 1, 2003. <https://doi.org/10.4000/cpl.202>
- Goodwin, C., & Lillo-Martin, D. (2023). Deaf and Hearing American Sign Language–English Bilinguals : Typical Bilingual Language Development. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 28(4), 350-362. <https://doi.org/10.1093/deafed/enad026>
- Gori, M., Amadeo, M. B., & Campus, C. (2018). Temporal Cues Influence Space Estimations in Visually Impaired Individuals. *iScience*, 6, 319-326. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2018.07.003>
- Gori, M., Sandini, G., Martinoli, C., & Burr, D. C. (2014). Impairment of auditory spatial localization in congenitally blind human subjects. *Brain*, 137(1), 288-293. <https://doi.org/10.1093/brain/awt311>

- Goswami, U. (1999). The relationship between phonological awareness and orthographic representation in different orthographies. In *Learning to read and write : A cross-linguistic perspective* (p. 134-156). Cambridge University Press.
- Goswami, U., & Bryant, P. (1992). Rhyme, Analogy, and Children's Reading.** In *Reading Acquisition*. Routledge.
- Goswami, U., & Mead, F. (1992). Onset and Rime Awareness and Analogies in Reading. *Reading Research Quarterly*, 27(2), 153-162. <https://doi.org/10.2307/747684>
- Goswami, U., Ziegler, J. C., & Richardson, U. (2005). The effects of spelling consistency on phonological awareness : A comparison of English and German. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92(4), 345-365. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.06.002>
- Gough, P. B., & Tunmer, W. E. (1986). Decoding, Reading, and Reading Disability. *Remedial and Special Education*, 7(1), 6-10. <https://doi.org/10.1177/074193258600700104>
- Grainger, J., Dufau, S., & Ziegler, J. C. (2016). A Vision of Reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(3), 171-179. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.12.008>
- Grainger, J., Muneaux, M., Farioli, F., & Ziegler, J. C. (2005). Effects of Phonological and Orthographic Neighbourhood Density Interact in Visual Word Recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 58(6), 981-998. <https://doi.org/10.1080/02724980443000386>
- Grainger, J., Spinelli, E., & Ferrand, L. (2000). Effects of Baseword Frequency and Orthographic Neighborhood Size in Pseudohomophone Naming. *Journal of Memory and Language*, 42(1), 88-102. <https://doi.org/10.1006/jmla.1999.2675>
- Grainger, J., & Ziegler, J. (2011). A Dual-Route Approach to Orthographic Processing. *Frontiers in Psychology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00054>
- Grandon, B. (2016). Développement typique et atypique de la production de parole : Caractéristiques **segmentales et intelligibilité de la parole d'enfants porteurs d'un implant cochléaire et d'enfants** normo-entendants de 5 à 11 ans [Phdthesis, Université Grenoble Alpes]. <https://theses.hal.science/tel-01690615>
- Grantham, H. (2020). Spelling : Why Explicit Instruction Is a Critical Component of Literacy Intervention for Children Who Are Deaf or Hard of Hearing. In S. R. Easterbrooks & H. M. Dostal, *The Oxford Handbook of Deaf Studies in Literacy* (p. 297-308). Oxford University Press.
- Grep, M. A., Deocampo, J. A., Walk, A. M., & Conway, C. M. (2019). Visual sequential processing and language ability in children who are deaf or hard of hearing. *Journal of Child Language*, 46(4), 785-799. <https://doi.org/10.1017/S0305000918000569>
- Grieco-Calub Tina M., Saffran, J. R., & Litovsky, R. Y. (2009). Spoken Word Recognition in Toddlers Who Use Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(6), 1390-1400. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0154](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0154)
- Grosjean, F. (2010). *Bilingual : Life and Reality*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/9780674056459>

- Gutierrez-Sigut, E., Vergara-Martínez, M., & Perea, M. (2017). Early use of phonological codes in deaf readers: An ERP study. *Neuropsychologia*, 106, 261-279. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.10.006>
- Gutierrez-Sigut, E., Vergara-Martínez, M., & Perea, M. (2022). The impact of visual cues during visual word recognition in deaf readers: An ERP study. *Cognition*, 218, 104938. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104938>
- Hall, M., & Bavelier, D. (2010). Working memory, deafness and sign language. In *The Oxford handbook of deaf studies, language, and education*. (M., Marschark, P.E., Spencer (éd.), Vol. 2, p. 458-472). Oxford University Press.
- Hall, M. L., & Bavelier, D. (2003). Working memory, deafness and sign language. In M. Marschark & P. E. Spencer, *The Oxford Handbook of Deaf Studies, Language, and Education*, Vol. 2 (p. 458-472). Oxford University Press, USA.
- Hall, M. L., Hall, W. C., & Caselli, N. K. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. *First Language*. <https://doi.org/10.1177/0142723719834102>
- Harris, M., & Moreno, C. (2004). Deaf Children's Use of Phonological Coding : Evidence from Reading, Spelling, and Working Memory. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9(3), 253-268. <https://doi.org/10.1093/deafed/enh016>**
- Harris, M., & Moreno, C. (2006). Speech Reading and Learning to Read : A Comparison of 8-Year-Old Profoundly Deaf Children With Good and Poor Reading Ability. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(2), 189-201. <https://doi.org/10.1093/deafed/enj021>
- Harris, M., & Terlektsi, E. (2011). Reading and Spelling Abilities of Deaf Adolescents With Cochlear Implants and Hearing Aids. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 16(1), 24-34. <https://doi.org/10.1093/deafed/enq031>
- Harris, M., Terlektsi, E., & Kyle, F. E. (2017). Concurrent and Longitudinal Predictors of Reading for Deaf and Hearing Children in Primary School. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 22(2), 233-242. <https://doi.org/10.1093/deafed/enw101>
- Hauser, P. C., Dye, M. W. G., Boutla, M., Green, C. S., & Bavelier, D. (2007). Deafness and visual enumeration : Not all aspects of attention are modified by deafness. *Brain Research*, 1153, 178-187. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.03.065>
- He, Y., & Legge, G. E. (2017). Linking crowding, visual span, and reading. *Journal of Vision*, 17(11), 11. <https://doi.org/10.1167/17.11.11>
- He, Y., Legge, G. E., & Yu, D. (2013). Sensory and cognitive influences on the training-related improvement of reading speed in peripheral vision. *Journal of Vision*, 13(7), 14. <https://doi.org/10.1167/13.7.14>
- Heim, S., Grande, M., Pape-Neumann, J., Van Ermingen, M., Meffert, E., Grabowska, A., Huber, W., & **Amunts, K. (2010). Interaction of phonological awareness and 'magnocellular' processing during normal and dyslexic reading : Behavioural and fMRI investigations. *Dyslexia*, 16(3), 258-282. <https://doi.org/10.1002/dys.409>**

- Herman, R., Roy, P., & Kyle, F. E. (2017). Reading and Dyslexia in Deaf Children [Report]. Nuffield Foundation; City University London. <https://openaccess.city.ac.uk/id/eprint/18544/>
- Hermans, D., Knoors, H., Ormel, E., & Verhoeven, L. (2008a). Modeling Reading Vocabulary Learning in Deaf Children in Bilingual Education Programs. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 13(2), 155-174. <https://doi.org/10.1093/deafed/enm057>
- Hermans, D., Knoors, H., Ormel, E., & Verhoeven, L. (2008b). The Relationship Between the Reading and Signing Skills of Deaf Children in Bilingual Education Programs. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 13(4), 518-530. <https://doi.org/10.1093/deafed/enn009>
- Herran, R. M., Montgomery, C. J., Henning, S. C., Herbert, C. J., Ditmars, A. M., Yates, C. J., Pisoni, D. B., & Kronenberger, W. G. (2023). Speed of Information Processing and Verbal Working Memory in Children and Adolescents With Cochlear Implants. *Otology & Neurotology*, 44(8), e613. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003966>
- Hirshorn, E. A., Dye, M. W. G., Hauser, P., Supalla, T. R., & Bavelier, D. (2015). The contribution of phonological knowledge, memory, and language background to reading comprehension in deaf populations. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01153>
- Hoen, M., Barone, P., & Marx, M. (2016). Chapitre 18. Surdité(s). In S. Pinto & M. Sato, *Traité de neurolinguistique: Du cerveau au langage* (p. 249-263). De Boeck Supérieur. <https://stm.cairn.info/trait -de-neurolinguistique--9782353273393-page-249?lang=fr&tab=texte-integral>
- Hoffmeister, R., Henner, J., Caldwell-Harris, C., & Novogrodsky, R. (2022). Deaf Children's ASL Vocabulary and ASL Syntax Knowledge Supports English Knowledge. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 27(1), 37-47. <https://doi.org/10.1093/deafed/enab032>
- Hoffmeister, R. J., & Caldwell-Harris, C. L. (2014). Acquiring English as a second language via print : The task for deaf children. *Cognition*, 132(2), 229-242. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.03.014>
- Hogan, T. P., Catts, H. W., & Little, T. D. (2005). The Relationship Between Phonological Awareness and Reading. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 36(4), 285-293. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2005/029\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2005/029))
- Holmer, E., Heimann, M., & Rudner, M. (2016). Evidence of an association between sign language phonological awareness and word reading in deaf and hard-of-hearing children. *Research in Developmental Disabilities*, 48, 145-159. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.10.008>
- Holmes, V. M., & Dawson, G. (2014). Visual-attentional span and lexical -decision in skilled adult readers. *Journal of Research in Reading*, 37(4), 331-355. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2012.01543.x>
- Hoover, W. A., & Gough, P. B. (1990). The simple view of reading. *Reading and Writing*, 2(2), 127-160. <https://doi.org/10.1007/BF00401799>
- Hoover, W. A., & Tunmer, W. E. (2018). The Simple View of Reading: Three Assessments of Its Adequacy. *Remedial and Special Education*, 39(5), 304-312. <https://doi.org/10.1177/0741932518773154>

- Horn, D. L., Davis, R. a. O., Pisoni, D. B., & Miyamoto, R. T. (2005). Development of Visual Attention Skills in Prelingually Deaf Children Who Use Cochlear Implants. *Ear and Hearing*, 26(4), 389. https://journals.lww.com/ear-hearing/abstract/2005/08000/development_of_visual_attention_skills_in.3.aspx
- Houée-Pouyat, S. (2020). **Mémoire à court terme/mémoire de travail chez l'enfant sourd profond muni d'un implant cochléaire** : Contribution à la compréhension des difficultés cognitives des enfants sourds. *Bulletin de psychologie*, 570(6), 328-332. <https://doi.org/10.3917/bupsy.570.0328>
- Houlis, K., Hogben, J. H., Visser, T., Ohan, J. L., Anderson, M., & Heath, S. M. (2019). "Zooming in" on orthographic knowledge to clarify the relationship between rapid automatised naming (RAN) and word reading. *Learning and Individual Differences*, 74, 101756. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.101756>
- Hrastinski, I., & Wilbur, R. B. (2016). Academic Achievement of Deaf and Hard-of-Hearing Students in an ASL/English Bilingual Program. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 21(2), 156-170. <https://doi.org/10.1093/deafed/env072>
- Huang, C., Liu, N., & Zhao, J. (2021). Different predictive roles of phonological awareness and visual attention span for early character reading fluency in Chinese. *The Journal of General Psychology*, 148(1), 45-66. <https://doi.org/10.1080/00221309.2019.1711356>
- Hulme, C., Hatcher, P. J., 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(1), 2-28. <https://doi.org/10.1006/jecp.2002.2670>
- Humphries, T., Kushalnagar, P., Mathur, G., Napoli, D. J., Rathmann, C., & Smith, S. (2019). Support for parents of deaf children: Common questions and informed, evidence-based answers. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 118, 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2018.12.036>
- Humphries, T., Mathur, G., Napoli, D. J., & Rathmann, C. (2024). An approach designed to fail deaf children and their parents and how to change it. *Harm Reduction Journal*, 21(1), 132. <https://doi.org/10.1186/s12954-024-01039-1>
- Inserm. (2023, novembre 7). **Troubles de l'audition** – Surdités · Inserm, La science pour la santé [Inserm, La science pour la santé]. Inserm. <https://www.inserm.fr/dossier/troubles-audition-surdites/>
- Iscoa, J. A. (2006). **Chapitre 8. L'évaluation de la lecture chez la personne sourde** : Une approche analytique. In **Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd** (p. 185-206). Mardaga. <https://www.cairn.info/competences-cognitives-linguistiques-et-sociales-d--9782870099339-p-185.htm>
- Jacquier-Roux, M., Valdois, S., Zorman, M., Lequette, C., & Pouget, G. (2005). ODEDYS : Outil de Dépistage des dyslexies version 2. Grenoble. Groupe Cogni-Sciences.

- James, D., Rajput, K., Brinton, J., & Goswami, U. (2008). Phonological Awareness, Vocabulary, and Word Reading in Children Who Use Cochlear Implants: Does Age of Implantation Explain Individual Variability in Performance Outcomes and Growth? *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 13(1), 117-137. <https://doi.org/10.1093/deafed/enm042>
- James, D., Rajput, K., Brinton, J., & Goswami, U. (2009). Orthographic influences, vocabulary development, and phonological awareness in deaf children who use cochlear implants. *Applied Psycholinguistics*, 30(4), 659-684. <https://doi.org/10.1017/S0142716409990063>
- James, D., Rajput, K., Brown, T., Sirimanna, T., Brinton, J., & Goswami, U. (2005). Phonological Awareness in Deaf Children Who Use Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(6), 1511-1528. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2005/105\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2005/105))
- Jiang, Y., Gai, X., Üstün-Yavuz, M. S., Zhang, M., & Thomson, J. M. (2023). A meta-analysis of training effects on English phonological awareness and reading in native Chinese speakers. *PsyCh Journal*, 12(5), 599-617. <https://doi.org/10.1002/pchj.675>
- Johnson, C., & Goswami, U. (2010). Phonological Awareness, Vocabulary, and Reading in Deaf Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(2), 237-261. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0139\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0139))
- Jones, M. W., Branigan, H. P., & Kelly, M. L. (2008). Visual deficits in developmental dyslexia: Relationships between non-linguistic visual tasks and their contribution to components of reading. *Dyslexia*, 14(2), 95-115. <https://doi.org/10.1002/dys.345>
- Juphard, A., Carbonnel, S., Ans, B., & Valdois, S. (2006). Length effect in naming and lexical decision: **The multitrace memory model's account**. *Current Psychology Letters. Behaviour, Brain & Cognition*, 19, Vol. 2, 2006, Article 19, Vol. 2, 2006. <https://doi.org/10.4000/cpl.1005>
- Kamble, V., Buyle, M., & Crollen, V. (2024). Investigating the crowding effect on letters and symbols in deaf adults. *Scientific Reports*, 14(1), 16161. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66832-1>
- Kassambara, A. (2023). ggpubr: « ggplot2 » Based Publication Ready Plots. (Version 0.6.0.) [R package].
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. (Version 1.0.7) [R package]. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Keck, T., & Wolgemuth, K. (2020). American Sign Language Phonological Awareness and English Reading Abilities: Continuing to Explore New Relationships. *Sign Language Studies*, 20(2), 334-354. <https://www.jstor.org/stable/26983965>
- Keenan, J. M., & Betjemann, R. S. (2008). Comprehension of single words: The role of semantics in word identification and reading disability. In *Single-word reading: Behavioral and biological perspectives* (p. 191-209). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Kern, S., & Dos Santos, C. (2011). Input et acquisition du lexique en français: Rôle de la fréquence et de la densité de voisinage. *Travaux de didactique du français langue étrangère*, 65-66, 53-70.

- Keuleers, E., Brysbaert, M., & New, B. (2010). SUBTLEX-NL : A new measure for Dutch word frequency based on film subtitles. *Behavior Research Methods*, 42(3), 643-650. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.3.643>
- Killingly, C., Graham, L. J., Tancredi, H., & Snow, P. (2024). Reciprocal relationships among reading and vocabulary over time: A longitudinal study from grade 1 to 5. *Reading and Writing*. <https://doi.org/10.1007/s11145-024-10522-x>
- Kirby, J. R., Desrochers, A., Roth, L., & Lai, S. S. V. (2008). Longitudinal predictors of word reading development. *Canadian Psychology / Psychologie canadienne*, 49(2), 103-110. <https://doi.org/10.1037/0708-5591.49.2.103>
- Klein, K. E., Walker, E. A., & McMurray, B. (2023). Delayed Lexical Access and Cascading Effects on Spreading Semantic Activation During Spoken Word Recognition in Children With Hearing Aids and Cochlear Implants: Evidence From Eye-Tracking. *Ear and Hearing*, 44(2), 338. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000001286>
- Knoop-Van Campen, C. A. N., Segers, E., & Verhoeven, L. (2018). How phonological awareness mediates the relation between working memory and word reading efficiency in children with dyslexia. *Dyslexia*, 24(2), 156-169. <https://doi.org/10.1002/dys.1583>
- Koyama, M. S., Hansen, P. C., & Stein, J. F. (2008). Logographic Kanji versus Phonographic Kana in Literacy Acquisition. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145(1), 41-55. <https://doi.org/10.1196/annals.1416.005>
- Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & O'Donoghue, G. M. (2016a). Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness : A connectome model. *The Lancet Neurology*, 15(6), 610-621. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(16\)00034-x](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(16)00034-x)**
- Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & O'Donoghue, G. M. (2016b). Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness : A connectome model. *The Lancet Neurology*, 15(6), 610-621. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)00034-X)**
- Krause, J., Van Rij, J., & Borst, J. P. (2024). Word Type and Frequency Effects on Lexical Decisions Are Process-dependent and Start Early. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 36(10), 2227-2250. https://doi.org/10.1162/jocn_a_02214
- Kuhl, P. K. (1991). Human adults and human infants show a “perceptual magnet effect” for the prototypes of speech categories, monkeys do not. *Perception & Psychophysics*, 50(2), 93-107. <https://doi.org/10.3758/BF03212211>**
- Kuhl, P. K. (2000). A new view of language acquisition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(22), 11850-11857. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.22.11850>
- Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition : Cracking the speech code. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(11), 831-843. <https://doi.org/10.1038/nrn1533>
- Kuhl, P. K. (2010). Brain Mechanisms in Early Language Acquisition. *Neuron*, 67(5), 713-727. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.08.038>

- Kuntze, M., Golos, D., & Enns, C. (2014). Rethinking Literacy : Broadening Opportunities for Visual Learners. *Sign Language Studies*, 14(2), 203-224. <https://www.jstor.org/stable/26190870>
- Kwon, M., Legge, G. E., & Dubbels, B. R. (2007). Developmental changes in the visual span for reading. *Vision Research*, 47(22), 2889-2900. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.08.002>
- Kyle, F. E. (2018). Reading development in deaf children : The fundamental role of language skills. In *Evidence-Based Practices in Deaf Education* (Knoors, H., Marschark, M., Eds, p. 217-235). Oxford University Press.
- Kyle, F. E., & Harris, M. (2010). Predictors of reading development in deaf children : A 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 107(3), 229-243. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.04.011>
- Kyle, F. E., & Harris, M. (2011). Longitudinal Patterns of Emerging Literacy in Beginning Deaf and Hearing Readers. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 16(3), 289-304. <https://doi.org/10.1093/deafed/enq069>
- Kyle, F. E., & Trickey, N. (2024). Speechreading, Phonological Skills, and Word Reading Ability in Children. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 55(3), 756-766. https://doi.org/10.1044/2024_LSHSS-23-00129
- LaBerge, D., & Samuels, S. J. (1974). Toward a theory of automatic information processing in reading. *Cognitive Psychology*, 6(2), 293-323. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(74\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0010-0285(74)90015-2)
- Lallier, M., Abu Mallouh, R., Mohammed, A. M., Khalifa, B., Perea, M., & Carreiras, M. (2018). Does the Visual Attention Span Play a Role in Reading in Arabic? *Scientific Studies of Reading*, 22(2), 181-190. <https://doi.org/10.1080/10888438.2017.1421958>
- Lallier, M., Acha, J., & Carreiras, M. (2016). Cross-linguistic interactions influence reading development in bilinguals : A comparison between early balanced French-Basque and Spanish-Basque bilingual children. *Developmental Science*, 19(1), 76-89. <https://doi.org/10.1111/desc.12290>
- Lallier, M., & Carreiras, M. (2018). Cross-linguistic transfer in bilinguals reading in two alphabetic orthographies : The grain size accommodation hypothesis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(1), 386-401. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1273-0>
- Lallier, M., Donnadieu, S., Berger, C., & Valdois, S. (2010). A case study of developmental phonological dyslexia : Is the attentional deficit in the perception of rapid stimuli sequences amodal? *Cortex*, 46(2), 231-241. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2009.03.014>
- Lallier, M., Valdois, S., Lassus-Sangosse, D., Prado, C., & Kandel, S. (2014). Impact of orthographic transparency on typical and atypical reading development : Evidence in French-Spanish bilingual children. *Research in Developmental Disabilities*, 35(5), 1177-1190. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.01.021>
- Landerl, K., Castles, A., & Parrila, R. (2022). Cognitive Precursors of Reading : A Cross-Linguistic Perspective. *Scientific Studies of Reading*, 26(2), 111-124. <https://doi.org/10.1080/10888438.2021.1983820>

- Landerl, K., Freudenthaler, H. H., Heene, M., De Jong, P. F., Desrochers, A., Manolitsis, G., Parrila, R., & Georgiou, G. K. (2019). Phonological Awareness and Rapid Automatized Naming as Longitudinal Predictors of Reading in Five Alphabetic Orthographies with Varying Degrees of Consistency. *Scientific Studies of Reading*, 23(3), 220-234. <https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1510936>
- LaSasso, C., Crain, K., & Leybaert, J. (2003). Rhyme Generation in Deaf Students : The Effect of Exposure to Cued Speech. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 8(3), 250-270. <https://doi.org/10.1093/deafed/eng014>
- Le Normand, M. T., & Lacheret, A. (2008). Prosodie et acquisition du langage chez les enfants implantés **cochléaires. Journées d'Etude sur la parole. Journées d'Etude sur la parole.**
- Le Normand, M.-T. (2005). **Production du lexique chez des enfants sourds profonds munis d'un implant cochléaire sur un suivi de quatre ans.** Production du lexique chez des enfants sourds profonds munis **d'un implant cochléaire sur un suivi de quatre ans**, 105-106, 21-31.
- Lecce, M., Miazza, D., Muzio, C., Parigi, M., Miazza, A., & Bergomi, M. G. (2024). Visuospatial, oculomotor, and executive reading skills evolve in elementary school, and errors are significant : A topological RAN study. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1383969>
- Lecocq, P. (1991). Apprentissage de la lecture et dyslexie. Editions Mardaga.
- Lecours, A. R., & Lhermitte, F. (1969). Phonemic paraphasias : Linguistic structures and tentative hypotheses. *Cortex*, 5(3), 193-228.
- Lederberg, A. R., Branum-Martin, L., Webb, M., Schick, B., Antia, S., Easterbrooks, S. R., & Connor, C. M. (2019). Modality and Interrelations Among Language, Reading, Spoken Phonological Awareness, and Fingerspelling. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 24(4), 408-423. <https://doi.org/10.1093/deafed/enz011>
- Lee, B., Martinez, P. M., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., & Emmorey, K. (2022). Sensitivity to orthographic vs. phonological constraints on word recognition : An ERP study with deaf and hearing readers. *Neuropsychologia*, 177, 108420. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108420>
- Legge, G. E., Cheung, S.-H., Yu, D., Chung, S. T. L., Lee, H.-W., & Owens, D. P. (2007). The case for the visual span as a sensory bottleneck in reading. *Journal of Vision*, 7(2), 9. <https://doi.org/10.1167/7.2.9>
- Leibnitz, L., Ducrot, S., Muneaux, M., & Grainger, J. (2015). Spécificité des capacités visuo-attentionnelles et lecture chez l'enfant. *Revue Francophone d'Orthoptie*, 8(1), 45-49. <https://doi.org/10.1016/j.rfo.2015.02.011>
- Leibnitz, L., Grainger, J., Muneaux, M., & Ducrot, S. (2016). Processus visuo-attentionnels et lecture : Une synthèse. *L'Année psychologique*, 116(4), 597-622. <https://doi.org/10.3917/anpsy.164.0597>
- Leigh, I. W., Andrews, J. F., Miller, C. A., & Wolsey, J.-L. A. (2022). Deaf People and Society : Psychological, Sociological, and Educational Perspectives (3e éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003183686>
- Léon, M., & Léon, P. (2019). La prononciation du français (2ème édition). Armand Colin.

- Lété, B., Peereman, R., & Fayol, M. (2008). Consistency and word-frequency effects on spelling among first- to fifth-grade French children : A regression-based study. *Journal of Memory and Language*, 58(4), 952-977. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2008.01.001>
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX : A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(1), 156-166. <https://doi.org/10.3758/BF03195560>
- Leybaert, J., & Alegria, J. (1995). Spelling development in deaf and hearing children : Evidence for use of morpho-phonological regularities in French. *Reading and Writing*, 7(1), 89-109. <https://doi.org/10.1007/BF01026949>
- Leybaert, J., Aparicio, M., & Alegria, J. (2010). The Role of Cued Speech in Language Development of Deaf Children. In M. Marschark & P. E. Spencer, *The Oxford Handbook of Deaf Studies, Language, and Education* (Oxford Library of psychology, Vol. 1, p. 276-289). Oxford University Press.
- Leybaert, J., Bayard, C., Colin, C., & LaSasso, C. (2016). Cued Speech and Cochlear Implants : A Powerful Combination for Natural Spoken Language Acquisition and the Development of Reading. In M. Marschark & P. E. Spencer, *The Oxford Handbook of Deaf Studies in Language* (p. 359-375). Oxford University Press.
- Leybaert, J., & Charlier, B. (1996). Visual Speech in the Head : The Effect of Cued-Speech on Rhyming, Remembering, and Spelling. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 1(4), 234-248. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.deafed.a014299>
- Leybaert, J., & Colin, C. (2007). Le rôle des informations visuelles dans le développement du langage de **l'enfant sourd muni d'un implant cochléaire**. *Enfance*, 59(3), 245-253. <https://doi.org/10.3917/enf.593.0245>
- Leybaert, J., Colin, C., & Colin, S. (2022). Multisensory Processing of Language by Children with Cochlear Implant : The Impact of Cued Speech¹. *Tendencias Actuales En La Investigación En Lenguaje Escrito y Sordera*, 2022, ISBN 978-84-1311-760-7, Págs. 193-213, 193-213. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8848745>
- Leybaert, J., & DomÍnguez, A. B. (2012). Apprendre à lire avec une déficience auditive. *Lecture et pathologies du langage oral*, 75-102.
- Leybaert, J., & Lechat, J. (2001). Variability in deaf children's spelling :** The effect of language experience. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 554-562. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.554>
- Leybaert, J., & Van Reybroeck, M. (2004). **L'évaluation de la conscience phonologique et des mécanismes de production écrite de mots :** Que peuvent nous apprendre les enfants sourds et les enfants dysphasiques ? <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:105200>
- Leybaert, J., Van Reybroeck, M., Ponchaux, C., & Mousty, P. (2004). Dysphasie et développement de la sensibilité à la rime et au phonème. *Enfance : psychologie, pédagogie, neuro-psychiatrie, sociologie*, 56(1). <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:104818>

- Leybaert, J., Van Vlierberghe, C., Croiseaux, É., & Mattar, M. (2018). Chapitre 5. Lecture et reconnaissance des mots écrits chez les enfants sourds, y compris avec un implant cochléaire : Codage phonologique et/ou orthographique ? In **Neuropsychologie de l'enfant** (p. 82-93). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.roy.2018.01.0082>
- Li, Y., & Wang, M. (2023). A systematic review of orthographic learning via self-teaching. *Educational Psychologist*, 58(1), 35-56. <https://doi.org/10.1080/00461520.2022.2137673>
- Lillo-Martin, D. C., Gale, E., & Chen Pichler, D. (2023). Family ASL : An Early Start to Equitable Education for Deaf Children. *Topics in Early Childhood Special Education*, 43(2), 156-166. <https://doi.org/10.1177/02711214211031307>
- Lillo-Martin, D., & Henner, J. (2021). Acquisition of Sign Languages. *Annual Review of Linguistics*, 7(Volume 7, 2021), 395-419. <https://doi.org/10.1146/annurev-linguistics-043020-092357>
- Lima, J. V. da S., de Moraes, C. F. M., Zamberlan-Amorim, N. E., Mandrá, P. P., & Reis, A. C. M. B. (2023). Neurocognitive function in children with cochlear implants and hearing aids : A systematic review. *Frontiers in Neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1242949>
- LimeSurvey: An open source survey tool. (s.d.). [LimeSurvey GmbH]. LimeSurvey GmbH. <https://www.limesurvey.org>
- Liu, J., Ren, X., Wang, Y., & Zhao, J. (2023). Visual attention span capacity in developmental dyslexia : A meta-analysis. *Research in Developmental Disabilities*, 135, 104465. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2023.104465>
- Lobler, M., Zoubrinetzky, R., & Valdois, S. (2012). The visual attention span deficit in dyslexia is visual and not verbal. *Cortex*, 48(6), 768-773. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.09.003>
- Löfkvist, U., Almkvist, O., Lyxell, B., & Tallberg, I.-M. (2014). Lexical and semantic ability in groups of children with cochlear implants, language impairment and autism spectrum disorder. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 78(2), 253-263. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2013.11.017>
- Lomber, S. G., Meredith, M. A., & Kral, A. (2010). Cross-modal plasticity in specific auditory cortices underlies visual compensations in the deaf. *Nature Neuroscience*, 13(11), 1421-1427. <https://doi.org/10.1038/nn.2653>
- Louna Harrar-Eskinazi, K., Denis-Noël, A., de Cara, B., Leloup, G., Nothelier, J., Caci, H., Faure, S., & **Ziegler, J. C. (2023). Mise en place et évaluation d'un protocole de remédiation multimodale et intensive de la dyslexie développementale** Implementation and evaluation of an intensive and multimodal remediation protocol for developmental dyslexia. In *Pratiques innovantes et expertise orthophonique au cœur du parcours de soins. 29e congrès scientifique international FNO - Un autre regard sur les TND. Pratiques innovantes et expertise orthophonique au cœur du parcours de soins.* Ortho Edition. <https://amu.hal.science/hal-04547666>
- Luft, P. (2018). Reading Comprehension and Phonics Research : Review of Correlational Analyses with Deaf and Hard-of-Hearing Students. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 23(2), 148-163. <https://doi.org/10.1093/deafed/enx057>

- Lund, E. (2016). Vocabulary Knowledge of Children With Cochlear Implants : A Meta-Analysis. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 21(2), 107-121. <https://doi.org/10.1093/deafed/env060>
- Lundberg, I., Frost, J., & Petersen, O.-P. (1988). Effects of an Extensive Program for Stimulating Phonological Awareness in Preschool Children. *Reading Research Quarterly*, 23(3), 263-284. <https://www.jstor.org/stable/748042>
- Lyness, C. R., Woll, B., Campbell, R., & Cardin, V. (2013). How does visual language affect crossmodal plasticity and cochlear implant success? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(10, Part 2), 2621-2630. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.08.011>
- MacDonald, G. W., & Cornwall, A. (1995). The Relationship Between Phonological Awareness and Reading and Spelling Achievement Eleven Years Later. *Journal of Learning Disabilities*, 28(8), 523-527. <https://doi.org/10.1177/002221949502800807>
- Machart, L. (2022). **Production de parole chez l'enfant sourd** : Bénéfices de l'exposition à la Langue française Parlée Complétée associée à l'implantation cochléaire [Phdthesis, Université Grenoble Alpes [2020-....]]. <https://theses.hal.science/tel-03959138>
- MacSweeney, M., Goswami, U., & Neville, H. (2013). The Neurobiology of Rhyme Judgment by Deaf and Hearing Adults: An ERP Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(7), 1037-1048. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00373
- Majorano, M., Brondino, M., Morelli, M., Ferrari, R., Lavelli, M., Guerzoni, L., Cuda, D., & Persici, V. (2020). Preverbal Production and Early Lexical Development in Children With Cochlear Implants : A Longitudinal Study Following Pre-implanted Children Until 12 Months After Cochlear Implant Activation. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.591584>
- Majorano, M., Guerzoni, L., Murri, A., Guidotti, L., Morelli, M., & Cuda, D. (2017). Word learning in Italian preschool children with cochlear implants. *International Journal on Disability and Human Development*, 16(2), 157-163. <https://doi.org/10.1515/ijdh-2016-0016>
- Mangeot, M., Sérasset, G., & Lafourcade, M. (2003). Construction collaborative d'une base lexicale multilingue, le projet Papillon. *Revue TAL : traitement automatique des langues*, 44(2), 151-176. <https://hal.science/hal-00340723>**
- Marec-Breton, N., Besse, A.-S., & Royer, C. (2010). La conscience morphologique est-elle une variable **importante dans l'apprentissage de la lecture?** *Educar em Revista*, 73-91. <https://doi.org/10.1590/S0104-40602010000300006>
- Marinelli, C. V., Martelli, M., Pizzicannella, E., & Zoccolotti, P. (2023). What do reading times tell us about the effect of orthographic regularity? Evidence from English and Italian readers. <https://doi.org/10.33910/2686-9527-2023-5-3-345-365>
- Marinelli, C. V., Vizzi, F., & Zoccolotti, P. (2019). Reading Skills in Deaf Subjects : Role of Psycholinguistic Factors and Global Influences in Affecting Reading Performance. *Psychology*, 10(12), Article 12. <https://doi.org/10.4236/psych.2019.1012115>
- Marinelli, C. V., Zoccolotti, P., & Romani, C. (2020). The ability to learn new written words is modulated by language orthographic consistency. *PLOS ONE*, 15(2), e0228129. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228129>

- Martelli, M., Di Filippo, G., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, 9(4), 14. <https://doi.org/10.1167/9.4.14>
- Mathews, E. S., & O'Donnell, M. (2020). Phonological decoding and reading comprehension in deaf and hard-of-hearing children. *European Journal of Special Needs Education*, 35(2), 220-235. <https://doi.org/10.1080/08856257.2019.1646954>**
- Mathey, S., Doignon-Camus, N., & Chetail, F. (2013). Syllable priming with pseudowords in the lexical decision task. *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 67(3), 205-214. <https://doi.org/10.1037/a0032456>
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame : An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314-324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- Mattar, M., Akiki, C. E., & Leybaert, J. (2024). Lexical processing in children with hearing impairment in oral word reading in transparent Arabic orthography. *Applied Psycholinguistics*, 45(1), 1-29. <https://doi.org/10.1017/S0142716423000437>
- Mayberry, R. I., del Giudice, A. A., & Lieberman, A. M. (2011). Reading Achievement in Relation to Phonological Coding and Awareness in Deaf Readers : A Meta-analysis. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 16(2), 164-188. <https://doi.org/10.1093/deafed/enq049>
- Mayberry, R., & Waters, G. S. (1987). **Deaf Children's Recognition of Written Words** : Is Fingerspelling the Basis? <https://eric.ed.gov/?id=ED287273>
- Mayer, C., & Akamatsu, C. (1999). Bilingual-bicultural models of literacy education for deaf students : Considering the claims. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.1093/deafed/4.1.1>
- Mayer, C., & Wells, G. (1996). Can the Linguistic Interdependence Theory Support A Bilingual-Bicultural Model of Literacy Education for Deaf Students? *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 1(2), 93-107. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.deafed.a014290>
- McArthur, A. W. D., Whitford, V., & Joannis, M. F. (2024). Event-related Potential Measures of Visual Word Processing in Monolingual and Bilingual Children and Adults : A Focus on Word Frequency Effects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 36(7), 1493-1522. https://doi.org/10.1162/jocn_a_02190
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception : I. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88(5), 375-407. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.5.375>
- McFayden, T. C., Gonzalez Aguiar, M. K., MacKenzie, C. C., McIntosh, A., & Multhaup, K. S. (2023). Verbal and visual serial-order memory in deaf signers and hearing nonsigners : A systematic review and meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*. <https://doi.org/10.3758/s13423-023-02282-6>
- McGurk, H., & Macdonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264(5588), 746-748. <https://doi.org/10.1038/264746a0>

- McQuarrie, L. M. (2005). **Deaf children's awareness of phonological** structure : Syllable, rhyme and phoneme [Department of Educational Psychology, University of Alberta]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=9372530>
- McQuarrie, L., & Parrila, R. (2009). Phonological Representations in Deaf Children : Rethinking the **“Functional Equivalence” Hypothesis**. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(2), 137-154. <https://doi.org/10.1093/deafed/enn025>
- McQuarrie, L., & Parrila, R. (2014). Literacy and linguistic development in bilingual deaf children : **Implications of the “and” for phonological processing**. *American Annals of the Deaf*, 159(4), 372-384. <https://www.jstor.org/stable/26234977>
- Meade, G., Grainger, J., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., & Emmorey, K. (2019). ERP Effects of masked orthographic neighbour priming in deaf readers. *Language, Cognition and Neuroscience*, 34(8), 1016-1026. <https://doi.org/10.1080/23273798.2019.1614201>
- Meade, G., Grainger, J., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., & Emmorey, K. (2020). An ERP investigation of orthographic precision in deaf and hearing readers. *Neuropsychologia*, 146, 107542. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107542>
- Melby-Lervåg, M., Lyster, S.-A. H., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read : A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138(2), 322-352. <https://doi.org/10.1037/a0026744>
- Merchán, A., Fernández García, L., Gioiosa Maurino, N., Ruiz Castañeda, P., & Daza González, M. T. (2022). Executive functions in deaf and hearing children : The mediating role of language skills in inhibitory control. *Journal of Experimental Child Psychology*, 218, 105374. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2022.105374>
- Merrills, J. D., Underwood, G., & Wood, D. J. (1994). The word recognition skills of profoundly, prelingually deaf children. *British Journal of Developmental Psychology*, 12(3), 365-384. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1994.tb00640.x>
- Metsala, J. L. (1999). Young children's phonological awareness and nonword repetition as a function of vocabulary development.** *Journal of Educational Psychology*, 91(1), 3-19. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.1.3>
- Meyer, S. (2019). **Conception et évaluation d'Evasion, un logiciel éducatif d'entraînement des capacités d'attention visuelle impliquées en lecture** [Phdthesis, Université Grenoble Alpes]. <https://theses.hal.science/tel-02402422>
- Míguez-Álvarez, C., Cuevas-Alonso, M., & Saavedra, Á. (2022). Relationships Between Phonological Awareness and Reading in Spanish : A Meta-Analysis. *Language Learning*, 72(1), 113-157. <https://doi.org/10.1111/lang.12471>
- Miller, E. M., Lederberg, A. R., & Easterbrooks, S. R. (2013). Phonological Awareness : Explicit Instruction for Young Deaf and Hard-of-Hearing Children. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 18(2), 206-227. <https://doi.org/10.1093/deafed/ens067>

- Miller, P. (2002). Communication Mode and the Processing of Printed Words : Evidence From Readers With Prelingually Acquired Deafness. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 7(4), 312-329. <https://doi.org/10.1093/deafed/7.4.312>
- Miller, P. (2006). What the Processing of Real Words and Pseudohomophones Can Tell Us about the Development of Orthographic Knowledge in Prelingually Deafened Individuals. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(1), 21-38. <https://doi.org/10.1093/deafed/enj001>
- Miller, P., Banado-Aviran, E., & Hetzroni, O. E. (2021). Developing Reading Skills in Prelingually Deaf Preschool Children : Fingerspelling as a Strategy to Promote Orthographic Learning. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 26(3), 363-380. <https://doi.org/10.1093/deafed/enab004>
- Miller, P., Kargin, T., Guldenoglu, B., Rathmann, C., Kubus, O., Hauser, P., & Spurgeon, E. (2012). Factors Distinguishing Skilled and Less Skilled Deaf Readers : Evidence From Four Orthographies. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 17(4), 439-462. <https://doi.org/10.1093/deafed/ens022>
- Millet, A. (2004). La langue des signes française (LSF) : Une langue iconique et spatiale méconnue. *Les cahiers de l'APLIUT. Pédagogie et Recherche*, Vol. XXIII N° 2, Article Vol. XXIII N° 2. <https://doi.org/10.4000/apliut.3326>
- Millet, A., Estève, I., & Lucile, G. (2008). **Pratiques communicatives d'un groupe de jeunes sourds adultes**. <https://shs.hal.science/halshs-00419204>
- Millet, A., & Kobylanski, M. (2023). Pour aller plus loin. In *LSF, grammaire pratique : Comprendre, enseigner, apprendre* (p. 187-192). UGA Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.ugaeditions.30811>
- Mirahadi, S. S., Nitsche, M. A., Pahlavanzadeh, B., Mohamadi, R., Ashayeri, H., & Abolghasemi, J. (2023). Reading and phonological awareness improvement accomplished by transcranial direct current stimulation combined with phonological awareness training : A randomized controlled trial. *Applied Neuropsychology: Child*, 12(2), 137-149. <https://doi.org/10.1080/21622965.2022.2051144>
- Moberly, A. C., Lowenstein, J. H., & Nittrouer, S. (2016). Word Recognition Variability With Cochlear Implants : The Degradation of Phonemic Sensitivity. *Otology & Neurotology*, 37(5), 470. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001001>
- Montant, M., Grainger, J., Dufau, S., Ziegler, J. C., & Fagot, J. (2012). Orthographic processing in **baboons L'orthographe à la portée des babouins**. *Medecine/Sciences*, 28(10), 821-823.
- Morford, J. P., Kroll, J. F., Piñar, P., & Wilkinson, E. (2014). Bilingual word recognition in deaf and hearing signers : Effects of proficiency and language dominance on cross-language activation. *Second Language Research*, 30(2), 251-271. <https://doi.org/10.1177/0267658313503467>
- Morford, J. P., Occhino, C., Zirnstein, M., Kroll, J. F., Wilkinson, E., & Piñar, P. (2019). What is the Source of Bilingual Cross-Language Activation in Deaf Bilinguals? *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 24(4), 356-365. <https://doi.org/10.1093/deafed/enz024>
- Morford, J. P., Occhino-Kehoe, C., Piñar, P., Wilkinson, E., & Kroll, J. F. (2017). The time course of cross-language activation in deaf ASL-English bilinguals. *Bilingualism (Cambridge, England)*, 20(2), 337-350. <https://doi.org/10.1017/S136672891500067X>

- Morford, J. P., Wilkinson, E., Villwock, A., Piñar, P., & Kroll, J. F. (2011). When deaf signers read English: Do written words activate their sign translations? *Cognition*, 118(2), 286-292. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.11.006>
- Moshtaghy Sharifzadeh, M., Mansouri, A., & Bagherzadeh Golmakani, Z. (2021). The Mediating Role of Processing Speed in the Relationship between Working Memory and Phonological Awareness with Reading in Students with Reading Disorder. *Journal of Research in Behavioural Sciences*, 18(4), 568-576. <https://doi.org/10.52547/rbs.18.4.568>
- Mott, M., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., & Emmorey, K. (2020). Cross-modal translation priming and iconicity effects in deaf signers and hearing learners of American Sign Language. *Bilingualism: Language and Cognition*, 23(5), 1032-1044. <https://doi.org/10.1017/S1366728919000889>
- Murphy, V. A. (2018). Literacy development in linguistically diverse pupils. In D. Miller, L. Serratrice, J. Rothman, & F. Bayram, *Bilingual cognition and language: The state of the science across its subfields. Studies in Bilingualism*. (John Benjamins Publishing Company, Vol. 54, p. 155-182). John Benjamins Publishing Company.
- Murray, L., Wegener, S., Wang, H.-C., Parrila, R., & Castles, A. (2022). Children Processing Novel Irregular and Regular Words During Reading: An Eye Tracking Study. *Scientific Studies of Reading*, 26(5), 417-431. <https://doi.org/10.1080/10888438.2022.2030744>
- Mushtaq, F., Wiggins, I. M., Kitterick, P. T., Anderson, C. A., & Hartley, D. E. H. (2020). The Benefit of Cross-Modal Reorganization on Speech Perception in Pediatric Cochlear Implant Recipients Revealed Using Functional Near-Infrared Spectroscopy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00308>
- Muter, V., Hulme, C., Snowling, M., & Taylor, S. (1997). Segmentation, Not Rhyming, Predicts Early Progress in Learning to Read. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65(3), 370-396. <https://doi.org/10.1006/jecp.1996.2365>
- Myers, L., & Sirois, M. J. (2014). Spearman Correlation Coefficients, Differences between. In *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat02802>
- Nagels, L., Bastiaanse, R., Ba, şkent D., & Wagner, A. (2020). Individual Differences in Lexical Access Among Cochlear Implant Users. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(1), 286-304. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-19-00192**
- Narr, R. F. (2008). Phonological Awareness and Decoding in Deaf/Hard-of-Hearing Students Who Use Visual Phonics. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 13(3), 405-416. <https://doi.org/10.1093/deafed/enm064>
- Nash, H. M., Davies, R., & Ricketts, J. (2023). The contributions of decoding skill and lexical knowledge to the development of irregular word reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 49(1), 78-97. <https://doi.org/10.1037/xlm0001070>
- Nation, I. (2006). How Large a Vocabulary is Needed For Reading and Listening? *The Canadian Modern Language Review*, 63(1), 59-82. <https://doi.org/10.3138/cmlr.63.1.59>

- Nation, K., Angell, P., & Castles, A. (2007). Orthographic learning via self-teaching in children learning to read English: Effects of exposure, durability, and context. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(1), 71-84. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.06.004>
- Nation, K., & Castles, A. (2017). Putting the learning into orthographic learning. In K. Cain, D. L. Compton, & R. K. Parrila, *Theories of Reading Development* (p. 147-168). John Benjamins Publishing Company.
- Nation, K., & Cocksey, J. (2009). The relationship between knowing a word and reading it aloud in **children's word reading development**. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(3), 296-308. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.03.004>
- Nation, K., & Hulme, C. (1997). Phonemic Segmentation, Not Onset-Rime Segmentation, Predicts Early Reading and Spelling Skills. *Reading Research Quarterly*, 32(2), 154-167. <https://doi.org/10.1598/RRO.32.2.2>
- Nazir, T. A., Decoppet, N., & Aghababian, V. (2003). On the origins of age-of-acquisition effects in the perception of printed words. *Developmental Science*, 6(2), 143-150. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00264>
- Nazir, T., & Montant, M. (1996). Les étapes de traitement précoces dans la reconnaissance visuelle des mots. In I. S. Carbonnel, P. Gillet, & M. D. M. & S. Valdois (Éds.), *Approche cognitive des dyslexies et des dysgraphies chez l'enfant et l'adulte* (p. 183-194). Editions Solal, Marseille. <https://hal.science/hal-02888902>
- Nazzi, T., & Cutler, A. (2019). How Consonants and Vowels Shape Spoken-Language Recognition. *Annual Review of Linguistics*, 5(Volume 5, 2019), 25-47. <https://doi.org/10.1146/annurev-linguistics-011718-011919>
- Nazzi, T., Floccia, C., & Bertoncini, J. (1998). Discrimination of pitch contours by neonates. *Infant Behavior and Development*, 21(4), 779-784. [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(98\)90044-3](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(98)90044-3)
- Nazzi, T., Iakimova, G., Bertoncini, J., Frédonie, S., & Alcantara, C. (2006). Early segmentation of fluent speech by infants acquiring French: Emerging evidence for crosslinguistic differences. *Journal of Memory and Language*, 54(3), 283-299. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2005.10.004>
- New, B., Pallier, C., Brysbaert, M., & Ferrand, L. (2004). Lexique 2: A new French lexical database. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(3), 516-524. <https://doi.org/10.3758/BF03195598>
- Niederberger, N. (2004). Capacités langagières en langue des signes française et en français écrit chez **l'enfant sourd bilingue [Thèse]. Université de Psychologie et des Sciences de l'Éducation.**
- Niederberger, N. (2007). Apprentissage de la lecture-écriture chez les enfants sourds. *Enfance*, 59(3), 254-262. <https://doi.org/10.3917/enf.593.0254>
- Niederberger, N., & Prinz, P. (2005). **La connaissance d'une langue des signes peut-elle faciliter l'apprentissage de l'écrit chez l'enfant sourd?** *Enfance*, 57(4), 285-297. <https://doi.org/10.3917/enf.574.0285>

- Niolaki, G., Terzopoulos, A., & Masterson, J. (2020). Intervention for a Visual Attention Span Processing Deficit in a Greek-Speaking Child with Slow Reading Speed. *Preschool and Primary Education*, 8. <https://doi.org/10.12681/ppej.21181>
- Niolaki, G., Vousden, J., Terzopoulos, A., Shepherd, D.-L., Debney, L., & Masterson, J. (2022). Spelling predictors; investigating the role of phonological ability and rapid naming in a large cross-sectional British study. *Learning and Instruction*, 80, 101635. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101635>
- Niolaki, G. Z., Papadimitriou, V., Terzopoulos, A. R., & Masterson, J. (2024). Greek-spelling predictors: an investigation of literacy- and cognitive-related factors. *Journal of Cognitive Psychology*, 36(3), 378-393. <https://doi.org/10.1080/20445911.2024.2322766>
- Niolaki, G. Z., Vousden, J., Terzopoulos, A. R., Taylor, L. M., Sephton, S., & Masterson, J. (2020). Predictors of single word spelling in English speaking children : A cross sectional study. *Journal of Research in Reading*, 43(4), 577-596. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12330>
- Niparko, J. K., Tobey, E. A., Thal, D. J., Eisenberg, L. S., Wang, N.-Y., Quittner, A. L., Fink, N. E., & CDaCI Investigative Team, for the. (2010). Spoken Language Development in Children Following Cochlear Implantation. *JAMA*, 303(15), 1498-1506. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.451>
- Nittrouer, S., Caldwell, A., Lowenstein, J. H., Tarr, E., & Holloman, C. (2012). Emergent Literacy in Kindergartners With Cochlear Implants. *Ear and Hearing*, 33(6), 683. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318258c98e>
- Nittrouer, S., Muir, M., Tietgens, K., Moberly, A. C., & Lowenstein, J. H. (2018). Development of Phonological, Lexical, and Syntactic Abilities in Children With Cochlear Implants Across the Elementary Grades. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 61(10), 2561-2577. https://doi.org/10.1044/2018_JSLHR-H-18-0047
- Oller, D. K., & Eilers, R. E. (1988). The Role of Audition in Infant Babbling. *Child Development*, 59(2), 441-449. <https://doi.org/10.2307/1130323>
- OMS. (2021, mars). Surdité et d ficiency auditive. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Ooms, J. (2023). writexl : Export Data Frames to Excel « xlsx » Format. (Version 1.4.2) [R package]. <https://CRAN.R-project.org/package=writexl>
- Orlansky, M. D., & Bonvillian, J. D. (1985). Sign Language Acquisition : Language Development in Children of Deaf Parents and Implications for Other Populations. *Merrill-Palmer Quarterly*, 31(2), 127-143. <https://www.jstor.org/stable/23086272>
- Ormel, E. (2008). Visual word recognition in bilingual deaf children. Radboud University.
- Ormel, E., & Giezen, M. R. (2014). Bilingual Bimodal Cross-Language Interaction. In M. Marschark, G. Tang, & H. Knoors, *Bilingualism and Bilingual Deaf Education* (p. 74-101). Oxford University Press.
- Ormel, E., Giezen, M. R., Knoors, H., Verhoeven, L., & Gutierrez-Sigut, E. (2022). Predictors of Word and Text Reading Fluency of Deaf Children in Bilingual Deaf Education Programmes. *Languages*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/languages7010051>

- Ormel, E., Hermans, D., Knoors, H., Hendriks, A., & Verhoeven, L. (2010). Phonological Activation During Visual Word Recognition in Deaf and Hearing Children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(4), 801-820. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/08-0033\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/08-0033))
- Ormel, E., Hermans, D., Knoors, H., & Verhoeven, L. (2012). Cross-language effects in written word recognition: The case of bilingual deaf children. *Bilingualism: Language and Cognition*, 15(2), 288-303. <https://doi.org/10.1017/S1366728911000319>
- Orsolini, M., Fanari, R., Tosi, V., De Nigris, B., & Carrieri, R. (2006). From phonological recoding to lexical reading: A longitudinal study on reading development in Italian. *Language and Cognitive Processes*, 21(5), 576-607. <https://doi.org/10.1080/01690960500139355>
- Ortmann, M., Knief, A., Deuster, D., Brinkheetker, S., Zwitserlood, P., Zehnhoff-Dinnesen, A. am, & Dobel, C. (2013). Neural Correlates of Speech Processing in Prelingually Deafened Children and Adolescents with Cochlear Implants. *PLOS ONE*, 8(7), e67696. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067696>
- Ostergaard, A. L., & Davidoff, J. B. (1985). Some effects of color on naming and recognition of objects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11(3), 579-587. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.11.3.579>
- Ouellet, C., Le Normand, M.-T., & Cohen, H. (2001). Language evolution in children with cochlear implants. *Brain and Cognition*, 46(1), 231-235. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(01\)80073-7](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(01)80073-7)
- Ouellette, G. P. (2006). What's meaning got to do with it** : The role of vocabulary in word reading and reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 98(3), 554-566. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.3.554>
- Pacton, S., Afonso Jaco, A., Nys, M., Foulin, J. N., Treiman, R., & Peereman, R. (2018). Children benefit from morphological relatedness independently of orthographic relatedness when they learn to spell new words. *Journal of Experimental Child Psychology*, 171, 71-83. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.02.003>
- Padden, C., & Ramsey, C. (1999). American Sign Language and Reading Ability in Deaf Children. In C. Chamberlain, J. P. Morford, & R. I. Mayberry, *Language Acquisition By Eye* (Vol. 1, p. 65-89). Psychology Press.
- Pagán, A., & Nation, K. (2019). Learning Words Via Reading: Contextual Diversity, Spacing, and Retrieval Effects in Adults. *Cognitive Science*, 43(1), e12705. <https://doi.org/10.1111/cogs.12705>
- Paire-Ficout, L., Colin, S., Magnan, A., & Ecalle, J. (2003). Les habiletés phonologiques chez des enfants sourds prélecteur. *Revue de Neuropsychologie*, 13, 237-262.
- Paul, P. V. (2015). In Praise of Doubt and Systematic Inquiry: Conclusion. *American Annals of the Deaf*, 159(5), 387-392. <https://www.jstor.org/stable/26235023>
- Paul, P. V. (2021). The Qualitative Similarity Hypothesis: A commentary. *Human Research in Rehabilitation*, 11(2), 56-61.
- Paul, P. V. (2024). An Adequate Model for the Development of English Reading Skills. *Human Research in Rehabilitation*, 14(2), 284-293. <https://doi.org/10.21554/hrr.092405>

- Paul, P. V., & Lee, C. (2010). The Qualitative Similarity Hypothesis. *American Annals of the Deaf*, 154(5), 456-462. <https://www.jstor.org/stable/26235005>
- Peleg, O., Ben, -hur Galia, & Segal, O. (2020). Orthographic, Phonological, and Semantic Dynamics During Visual Word Recognition in Deaf Versus Hearing Adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(7), 2334-2344. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-19-00285
- Peña, M., Werker, J. F., & Dehaene-Lambertz, G. (2012). Earlier Speech Exposure Does Not Accelerate Speech Acquisition. *Journal of Neuroscience*, 32(33), 11159-11163. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.6516-11.2012>
- Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., Dardick, W., & Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological Bulletin*, 144(1), 48-76. <https://doi.org/10.1037/bul0000124>
- Perfetti, C. A., & Sandak, R. (2000). Reading Optimally Builds on Spoken Language : Implications for Deaf Readers. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5(1), 32-50. <https://doi.org/10.1093/deafed/5.1.32>
- Perfetti, C., & Hart, L. (2002). The Lexical Quality Hypothesis. In L. T. Verhoeven, C. Elbro, & P. Reitsma, *Precursors of Functional Literacy* (p. 189-214). John Benjamins Publishing.
- Perin, P. (2024). Accès au lexique en Langue des Signes Française (LSF) : Impact de la modalité visuo-gestuelle et de la privation langagière [Phdthesis, Université Paris Nanterre]. <https://shs.hal.science/tel-04651894>
- Perini, M. (2013). Que peuvent nous apprendre les productions écrites des sourds ? Analyse de lectures écrites de personnes sourdes pour une contribution à la didactique du français écrit en formation d'adultes [Theses, UNIVERSITE PARIS 8, LABORATOIRE SFL]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01710587>
- Perry, C., & Long, H. (2022). What Is Going on with Visual Attention in Reading and Dyslexia? A Critical Review of Recent Studies. *Brain Sciences*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/brainsci12010087>
- Perry, C., Ziegler, J. C., & Zorzi, M. (2007). Nested incremental modeling in the development of computational theories : The CDP+ model of reading aloud. *Psychological Review*, 114(2), 273-315. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.2.273>
- Perry, C., Zorzi, M., & Ziegler, J. C. (2019). Understanding Dyslexia Through Personalized Large-Scale Computational Models. *Psychological Science*, 30(3), 386-395. <https://doi.org/10.1177/0956797618823540>
- Petithomme, A. (2013). **Étude préliminaire étudiant l'eye-tracking pour l'évaluation orthophonique des adultes implantés cochléaires** [Mémoire pour le Certificat de Capacité en Orthophonie]. Université PARIS VI, Pierre et Marie CURIE.
- Petitto, L. A., & Marentette, P. F. (1991). Babbling in the Manual Mode : Evidence for the Ontogeny of Language. *Science*, 251(5000), 1493-1496. <https://doi.org/10.1126/science.2006424>
- Petitto, L. A., Zatorre, R. J., Gauna, K., Nikelski, E. J., Dostie, D., & Evans, A. C. (2000). Speech-like cerebral activity in profoundly deaf people processing signed languages : Implications for the neural

- basis of human language. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(25), 13961-13966. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.25.13961>
- Peyrin, C., Lallier, M., Démonet, J. F., Pernet, C., Baciú, M., Le Bas, J. F., & Valdois, S. (2012). Neural dissociation of phonological and visual attention span disorders in developmental dyslexia : FMRI evidence from two case reports. *Brain and Language*, 120(3), 381-394. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2011.12.015>
- Pfost, M., Blatter, K., Artelt, C., Stanat, P., & Schneider, W. (2019). Effects of training phonological **awareness on children's reading skills**. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 65, 101067. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2019.101067>
- Phénix, T., Diard, J., & Valdois, S. (2016). Les modèles computationnels de lecture. In *Traité de neurolinguistique* (p. 167-182). <https://hal.science/hal-01420329>
- Phénix, T., Valdois, S., & Diard, J. (2018). Reconciling opposite neighborhood frequency effects in lexical decision : Evidence from a novel probabilistic model of visual word recognition. 40th Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci 2018), 2238-2243. <https://hal.science/hal-01850020>
- Pierrehumbert, J. B. (2001). Exemplar dynamics : Word frequency, lenition and contrast. In *Frequency and the emergence of linguistic structure* (p. 137-157). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tsl.45.08pie>
- Pimperton, H., Ralph-Lewis, A., & MacSweeney, M. (2017). Speechreading in Deaf Adults with Cochlear Implants : Evidence for Perceptual Compensation. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00106>
- Pisoni, D. B., & Cleary, M. (2003). Measures of Working Memory Span and Verbal Rehearsal Speed in Deaf Children after Cochlear Implantation. *Ear and Hearing*, 24(1), 106S. <https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000051692.05140.8E>
- Pisoni, D. D., & Geers, A. E. (2000). Working Memory in Deaf Children With Cochlear Implants : Correlations Between Digit Span And Measures Of Spoken Language Processing. *The Annals of otology, rhinology & laryngology. Supplement*, 185, 92-93. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3429114/>
- Plaza, M., & Cohen, H. (2007). The contribution of phonological awareness and visual attention in early reading and spelling. *Dyslexia*, 13(1), 67-76. <https://doi.org/10.1002/dys.330>
- Plisson, A., Berthiaume, R., & Daigle, D. (2010). Compétence orthographique chez l'élève dyslexique et chez l'élève sourd : Étude comparative.** *Canadian Journal of Applied Linguistics*, 13(2), Article 2. <https://journals.lib.unb.ca/index.php/CJAL/article/view/19889>
- Poncelet, D., & Lafontaine, D. (2011). Un modèle en pistes causales pour appréhender la complexité du **phénomène d'accrochage scolaire** lors de la transition primaire-secondaire. *Mesure et évaluation en éducation*, 34(1), 55-95. <https://doi.org/10.7202/1024863ar>
- Porta, M. E., Ramirez, G., & Dickinson, D. (2021). Effects of a Kindergarten Phonological Awareness Intervention on Grade One Reading Achievement Among Spanish-Speaking Children from low-

- income families. *Revista Signos. Estudios de Lingüística*, 54(106), Article 106. <https://revistasignos.cl/index.php/signos/article/view/495>
- Powell, D., & Atkinson, L. (2021). Unraveling the links between rapid automatized naming (RAN), phonological awareness, and reading. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 706-718. <https://doi.org/10.1037/edu0000625>
- Prado, C., Dubois, M., & Valdois, S. (2007). The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Research*, 47(19), 2521-2530. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.06.001>
- Pritchard, S. C., Coltheart, M., Marinus, E., & Castles, A. (2018). A Computational Model of the Self-Teaching Hypothesis Based on the Dual-Route Cascaded Model of Reading. *Cognitive Science*, 42(3), 722-770. <https://doi.org/10.1111/cogs.12571>
- Puissant-Schontz, L. (2020). Les constructions prédicatives en Langue des Signes Française (LSF) : Description linguistique et développementale, en vue de leur évaluation [Phdthesis, Université Paris Nanterre]. <https://hal.science/tel-04111945>
- Qi, S., & Mitchell, R. E. (2012). Large-Scale Academic Achievement Testing of Deaf and Hard-of-Hearing Students: Past, Present, and Future. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 17(1), 1-18. <https://doi.org/10.1093/deafed/enr028>
- Qiao, X.-F., Liu, L.-D., Han, L.-Y., Chen, Y., & Li, X. (2024). Exploring cross-modal plasticity in the auditory–visual cortex post cochlear implantation : Implications for auditory and speech function recovery and mechanisms. *Frontiers in Neuroscience*, 18. <https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1411058>
- Quick, N., Harrison, M., & Erickson, K. (2019). A multilinguistic analysis of spelling among children with cochlear implants. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 24(1), 41-53. <https://doi.org/10.1093/deafed/eny029>
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. [Logiciel]. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Read, C., Yun-Fei, Z., Hong-Yin, N., & Bao-Qing, D. (1986). The ability to manipulate speech sounds depends on knowing alphabetic writing. *Cognition*, 24(1), 31-44. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(86\)90003-X](https://doi.org/10.1016/0010-0277(86)90003-X)
- Reichle, E. D. (2021). *Computational Models of Reading : A Handbook*. Oxford University Press.
- Reichle, E. D., Rayner, K., & Pollatsek, A. (1999). Eye movement control in reading : Accounting for initial fixation locations and refixations within the E-Z Reader model. *Vision Research*, 39(26), 4403-4411. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(99\)00152-2](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(99)00152-2)
- Reilhac, C., Peyrin, C., Démonet, J.-F., & Valdois, S. (2013). Role of the superior parietal lobules in letter-identity processing within strings: FMRI evidence from skilled and dyslexic readers. *Neuropsychologia*, 51(4), 601-612. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.12.010>

- Ricketts, J., Davies, R., Masterson, J., Stuart, M., & Duff, F. J. (2016). Evidence for semantic involvement in regular and exception word reading in emergent readers of English. *Journal of Experimental Child Psychology*, 150, 330-345. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.05.013>
- Rinaldi, P., Caselli, M. C., Di Renzo, A., Gulli, T., & Volterra, V. (2014). Sign Vocabulary in Deaf Toddlers Exposed to Sign Language Since Birth. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 19(3), 303-318. <https://doi.org/10.1093/deafed/enu007>
- Roach, N. W., & Hogben, J. H. (2007). Impaired filtering of behaviourally irrelevant visual information in dyslexia. *Brain*, 130(3), 771-785. <https://doi.org/10.1093/brain/awl353>
- Rodríguez-Ortiz, I. R., Saldaña, D., & Moreno-Perez, F. J. (2017). How speechreading contributes to reading in a transparent orthography : The case of Spanish deaf people. *Journal of Research in Reading*, 40(1), 75-90. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12062>
- Romano, D. R., Kronenberger, W. G., Henning, S. C., Montgomery, C. J., Ditmars, A. M., Johnson, C. A., Bozell, H. D., Yates, A. D., & Pisoni, D. B. (2021). Verbal Working Memory Error Patterns and Speech-Language Outcomes in Youth With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(12), 4949-4963. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-21-00114
- Rossion, B., & Pourtois, G. (2004). Revisiter l'ensemble pictural d'objets de Snodgrass et Vanderwart : Le rôle des détails de surface dans la reconnaissance d'objets de base.** *Perception*, 33(2), 217-236. <https://doi.org/10.1068/p5117>
- Roussel, V. (2013). Trente ans d'éducation bilingue aux enfants sourds Un enseignement « entièrement à part ou à part entière » ? La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation**, 64(4), 151-163. <https://doi.org/10.3917/nras.064.0151>
- Ruan, Y., Georgiou, G. K., Song, S., Li, Y., & Shu, H. (2018). Does writing system influence the associations between phonological awareness, morphological awareness, and reading? A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 110(2), 180-202. <https://doi.org/10.1037/edu0000216>
- Ruffino, M., Trussardi, A. N., Gori, S., Finzi, A., Giovagnoli, S., Menghini, D., Benassi, M., Molteni, M., Bolzani, R., Vicari, S., & Facoetti, A. (2010). Attentional engagement deficits in dyslexic children. *Neuropsychologia*, 48(13), 3793-3801. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.002>
- Sabatier, E., Leybaert, J., & Chetail, F. (2024). Orthographic Learning in French-Speaking Deaf and Hard of Hearing Children (world). 870-885. https://doi.org/10.1044/2023_JSLHR-23-00324
- Saghiran, A. (2021). Modélisation bayésienne de la lecture [Phdthesis, Université Grenoble Alpes [2020-...]]. <https://theses.hal.science/tel-03364950>
- Sahlén, B., Willstedt-Svensson, U., Ibertsson, T., & Lyxell, B. (2008). Word-decoding and reading-related skills in children with cochlear implants. *Acta Neuropsychologica*, 6(1). <https://actaneuropsychologica.com/ucid/859938>
- Saksida, A., Iannuzzi, S., Bogliotti, C., Chaix, Y., Démonet, J.-F., Bricout, L., Billard, C., Nguyen-Morel, M.-A., Le Heuzey, M.-F., Soares-Boucaud, I., George, F., Ziegler, J. C., & Ramus, F. (2016). Phonological skills, visual attention span, and visual stress in developmental dyslexia. *Developmental Psychology*, 52(10), 1503-1516. <https://doi.org/10.1037/dev0000184>

- Sandler, W., & Lillo-Martin, D. C. (2006). *Sign Language and Linguistic Universals*. Cambridge University Press.
- Sauval, K. (2014). *Apprentissage de la lecture et phonologie : Implication du code phonologique dans la reconnaissance de mots écrits chez l'enfant* [Phdthesis, Université Charles de Gaulle - Lille III]. <https://theses.hal.science/tel-01249569>
- Schatschneider, C., Fletcher, J. M., Francis, D. J., Carlson, C. D., & Foorman, B. R. (2004). Kindergarten Prediction of Reading Skills: A Longitudinal Comparative Analysis. *Journal of Educational Psychology*, 96(2), 265-282. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.2.265>
- Schembri, A., Fenlon, J., Cormier, K., & Johnston, T. (2018). Sociolinguistic Typology and Sign Languages. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00200>
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation Coefficients : Appropriate Use and Interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- Schotter, L., Emmorey, K., Cooley, F., Stringer, C., Milligan, S., & Saunders, E. (2022). The role of perceptual and word identification spans in reading efficiency : Evidence from deaf and hearing adults. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/A8SYJ>
- Schwartz, J.-L., Abry, C., Boe, L.-J., & Cathiard, M. (2002). Phonology in a Theory of Perception-for-Action-Control. *Phonology: from Phonetics to Cognition*.
- Schwartz, M., Kahn-Horwitz, J., & Share, D. L. (2014). Orthographic learning and self-teaching in a bilingual and biliterate context. *Journal of Experimental Child Psychology*, 117, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.08.008>
- Schwartz, R. G., Steinman, S., Ying, E., Mystal, E., & Houston, D. (2013). Language Processing in Children with Cochlear Implants : A Preliminary Report on Lexical Access for Production and Comprehension. *Clinical linguistics & phonetics*, 27, 264-277. <https://doi.org/10.3109/02699206.2013.765913>
- Scott, J. A., Hansen, S. G., & Lederberg, A. R. (2019). Fingerspelling and Print : Understanding the Word Reading of Deaf Children. *American Annals of the Deaf*, 164(4), 429-449. <https://www.jstor.org/stable/26983952>
- Seassau, M., Gérard, C. L., Bui-Quoc, E., & Bucci, M. P. (2014). Binocular saccade coordination in reading and visual search : A developmental study in typical reader and dyslexic children. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00085>
- Segouat, J., & Braffort, A. (2009). Toward the study of sign language coarticulation : Methodology proposal. *International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*. <https://hal.science/hal-01634122>
- Sehyr, Z. S., & Emmorey, K. (2022a). Contribution of Lexical Quality and Sign Language Variables to Reading Comprehension. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 27(4), 355-372. <https://doi.org/10.1093/deafed/enac018>

- Sehyr, Z. S., & Emmorey, K. (2022b). The effects of multiple linguistic variables on picture naming in American Sign Language. *Behavior Research Methods*, 54(5), 2502-2521. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01751-x>
- Sehyr, Z. S., Petrich, J., & Emmorey, K. (2017). Fingerspelled and Printed Words Are Recoded into a Speech-based Code in Short-term Memory. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 22(1), 72-87. <https://doi.org/10.1093/deafed/enw068>
- Seymour, P. H., Aro, M., & Erskine, J. M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94(2), 143-174. <https://doi.org/10.1348/000712603321661859>
- Share, D. L. (1995). Phonological recoding and self-teaching: Sine qua non of reading acquisition. *Cognition*, 55(2), 151-218. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)00645-2](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)00645-2)
- Share, D. L. (1999). Phonological Recoding and Orthographic Learning: A Direct Test of the Self-Teaching Hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 72(2), 95-129. <https://doi.org/10.1006/jecp.1998.2481>
- Share, D. L. (2008). Orthographic Learning, Phonological Recoding, and Self-Teaching. In R. V. Kail (Éd.), *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 36, p. 31-82). JAI. [https://doi.org/10.1016/S0065-2407\(08\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2407(08)00002-5)
- Silva, A. A. M., & Martins-Reis, V. de O. (2017). The influence of morphological awareness on reading and writing: A systematic review. *CoDAS*, 29, e20160032. <https://www.scielo.br/j/codas/a/Z7jT7mYtc7RPZfCHY8gckhN/?stop=next&lang=en&format=html>
- Simon, F., Roman, S., Truy, E., Barone, P., Belmin, J., Blanchet, C., Borel, S., Charpiot, A., Coez, A., Deguine, O., Farinetti, A., Godey, B., Lazard, D., Marx, M., Mosnier, I., Nguyen, Y., Teissier, N., Virole, B., Lescanne, E., & Loundon, N. (2019). Recommandations de la SFORL (version courte) sur **l'indication de l'implant cochléaire chez l'enfant**. *Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*, 136(5), 376-382. <https://doi.org/10.1016/j.aforl.2019.01.004>
- Simon, M., Fromont, L. A., Le Normand, M.-T., & Leybaert, J. (2019a). Spelling, Reading Abilities and Speech Perception in Deaf Children with a Cochlear Implant. *Scientific Studies of Reading*, 23(6), 494-508. <https://doi.org/10.1080/10888438.2019.1613407>
- Snell, J., van Leipsig, S., Grainger, J., & Meeter, M. (2018). OB1-reader: A model of word recognition and eye movements in text reading. *Psychological Review*, 125(6), 969-984. <https://doi.org/10.1037/rev0000119>
- Soum-Favaro, C., Solier, C., & Perret, C. (2024). The analysis of errors in writtent word and sentence production. The value of a classification for French. *Written Language & Literacy*. Vol 26-2, pp 266-291. *Written Language & Literacy*, 26(2), 266-292.
- Spencer, L. J., & Oleson, J. J. (2008). Early Listening and Speaking Skills Predict Later Reading Proficiency in Pediatric Cochlear Implant Users. *Ear and Hearing*, 29(2), 270. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000305158.84403.f7>

- Spencer, L. J., & Tomblin, J. B. (2009). Evaluating Phonological Processing Skills in Children With Prelingual Deafness Who Use Cochlear Implants. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(1), 1-21. <https://doi.org/10.1093/deafed/enn013>
- Spinelli, D., De Luca, M., Judica, A., & Zoccolotti, P. (2002). Crowding Effects on Word Identification in Developmental Dyslexia. *Cortex*, 38(2), 179-200. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70649-X](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70649-X)
- Sprenger-Charolles, L. (1994). **L'acquisition de la lecture en français** : Étude longitudinale de la première à la seconde année du primaire. *L'Année psychologique*, 94(4), 553-574. <https://doi.org/10.3406/psy.1994.28788>
- Sprenger-Charolles, L. (2011). **Guide pratique de l'orthographe du français**. 27.
- Sprenger-Charolles, L. (2012). **L'apprentissage de la lecture dans les écritures alphabétiques**. <https://doi.org/10.3406/igram.2012.4197>
- Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Béchenec, D., & Kipffer-Piquard, A. (2005). French normative data on reading and related skills from EVALEC, a new computerized battery of tests (end Grade 1, Grade 2, Grade 3, and Grade 4)1. *European Review of Applied Psychology*, 55(3), 157-186. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2004.11.002>
- Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Piquard-Kipffer, A., & Leloup, G. (2010). EVALEC, Batterie **informatisée d'évaluation diagnostique des troubles spécifiques d'apprentissage de la lecture**. <https://hal.inria.fr/inria-00545950>
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., 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(3), 194-217. [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(03\)00024-9](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(03)00024-9)
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., & Bonnet, P. (1998). Reading and Spelling Acquisition in French : The Role of Phonological Mediation and Orthographic Factors. *Journal of Experimental Child Psychology*, 68(2), 134-165. <https://doi.org/10.1006/jecp.1997.2422>
- Sprenger-Charolles, L., & Ziegler, J. C. (2024). Apprendre à lire : Du décodage à la compréhension. In S. Dehaene, *Science et école : Ensemble pour mieux apprendre* (Odile Jacob, p. 109-129).
- Stanovich, K. E. (2009). Matthew Effects in Reading : Some Consequences of Individual Differences in the Acquisition of Literacy. *Journal of Education*, 189(1-2), 23-55. <https://doi.org/10.1177/0022057409189001-204>
- Steady, L. M., & Compton, D. L. (2019). Examining the role of imageability and regularity in word reading accuracy and learning efficiency among first and second graders at risk for reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 178, 226-250. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.09.007>
- Steinhilber, A. (2023). **Modélisation bayésienne de l'apprentissage de la lecture** [Phdthesis, Université Grenoble Alpes [2020-....]]. <https://theses.hal.science/tel-04198656>

- Steinhilber, A., Valdois, S., & Diard, J. (2022). Bayesian comparators : A probabilistic modeling tool for similarity evaluation between predicted and perceived patterns. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 44(44). <https://escholarship.org/uc/item/22f4c6dm>
- Sterne, A., & Goswami, U. (2000). Phonological Awareness of Syllables, Rhymes, and Phonemes in Deaf Children. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41(5), 609-625. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00648>
- Stoel-Gammon, C. (2011). Relationships between lexical and phonological development in young children*. *Journal of Child Language*, 38(1), 1-34. <https://doi.org/10.1017/S0305000910000425>
- Stoll, C. (2017). Rôle de la surdit e pr ecoc e et de la langue des signes dans la plasticit e fonctionnelle du champ visuel [Phdthesis, Universit e Grenoble Alpes]. <https://theses.hal.science/tel-01731551>
- Stone, A., Kartheiser, G., Hauser, P. C., Petitto, L.-A., & Allen, T. E. (2015). Fingerspelling as a Novel Gateway into Reading Fluency in Deaf Bilinguals. *PLOS ONE*, 10(10), e0139610. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139610>
- Stringer, C., Cooley, F., Saunders, E., Emmorey, K., & Schotter, E. R. (2024). Deaf readers use leftward information to read more efficiently : Evidence from eye tracking. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 17470218241232407. <https://doi.org/10.1177/17470218241232407>
- Stuart, M., & Masterson, J. (1992). Patterns of reading and spelling in 10-year-old children related to prereading phonological abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54(2), 168-187. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(92\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0022-0965(92)90034-4)
- Sun, P., Zhao, Y., Chen, H., & Wu, X. (2022). Contribution of Linguistic Skills to Word Reading in DHH Students. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 27(3), 269-282. <https://doi.org/10.1093/deafed/enac003>
- Supalla, S., Small, A., & Cripps, J. (2020). American Sign Language for everyone : Considerations for universal design and youth identity. *Society for American Sign Language Journal*, 4(2), 9. *Society for American Sign Language Journal*, 4, 43-53.
- Sutcliffe, A., Dowker, A., & Campbell, R. (1999). Deaf Children's Spelling : Does It Show Sensitivity to Phonology?** *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 4(2), 111-123. <https://www-jstor.org.gorgone.univ-toulouse.fr/stable/42658502>
- Swanson, H. L., & Ashbaker, M. H. (2000). Working memory, short-term memory, speech rate, word recognition and reading comprehension in learning disabled readers : Does the executive system have a role?1. *Intelligence*, 28(1), 1-30. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(99\)00025-2](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(99)00025-2)
- Swanson, H. L., & Howell, M. (2001). Working memory, short-term memory, and speech rate as predictors of children's reading performance at different ages. *Journal of Educational Psychology*, 93(4), 720-734. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.4.720>
- Swanson, H. L., & Jerman, O. (2007). The influence of working memory on reading growth in subgroups of children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(4), 249-283. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.12.004>

- Swanwick, R. (2016). Deaf children's bimodal bilingualism and education. *Language Teaching*, 49(1), 1-34. <https://doi.org/10.1017/S0261444815000348>
- Tambone, J., Assude, T., Millon-Fauré, K., & Feuilladiéu, S. (2021). La place des traducteurs dans la mise en œuvre d'une Unité localisée pour l'inclusion scolaire (Ulis) accueillant des jeunes sourds au collège. *La nouvelle revue - Éducation et société inclusives*, 92(6), 57-70. <https://doi.org/10.3917/nresi.092.0057>
- Tamura, N., Castles, A., & Nation, K. (2017). Orthographic learning, fast and slow : Lexical competition effects reveal the time course of word learning in developing readers. *Cognition*, 163, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.03.002>
- Tang, G. (2024). Sign language and inclusive deaf education : An Asian perspective. *Deafness & Education International*, 26(1), 1-5. <https://doi.org/10.1080/14643154.2024.2302702>
- Tang, G., Lam, S., & Yiu, K. C. (2014). Language Development of Deaf Children in a Sign Bilingual and Co-enrollment Environment. In H. Knoors, G. Tang, & M. Marschark, *Bilingualism and Bilingual Deaf Education* (University Press Scholarship Online). Published to Oxford Scholarship Online. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199371815.003.0013>
- Tang, J., Ma, X., Peng, P., Cha, K., Yao, Y., & Zhao, J. (2023). Visual attention span deficit in developmental dyslexia : A meta-analysis. *Research in Developmental Disabilities*, 141, 104590. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2023.104590>
- Tao, J., Qin, Z., Meng, Z., Zhang, L., Liu, L., Yan, G., & Benson, V. (2019). Reading skill modulates the effect of parafoveal distractors on foveal lexical decision in deaf students. *PLOS ONE*, 14(9), e0221891. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221891>
- Taylor, J. S. H., Rastle, K., & Davis, M. H. (2013). Can cognitive models explain brain activation during word and pseudoword reading? A meta-analysis of 36 neuroimaging studies. *Psychological Bulletin*, 139(4), 766-791. <https://doi.org/10.1037/a0030266>
- Thakur, R., Jayakumar, J., & Pant, S. (2023). Visual Perception and Attentional Skills in School-age Children : A Cross-Sectional Study of Reading Proficiency in the Hearing Impaired. *Indian Journal of Community Medicine*, 48(4), 544. https://doi.org/10.4103/ijcm.ijcm_204_22
- Tharpe, A. M., Ashmead, D. H., & Rothpletz, A. M. (2002). Visual Attention in Children With Normal Hearing, Children With Hearing Aids, and Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(2), 403-413. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2002/032\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2002/032))
- The jamovi project (Version 2.5). (2024). [Computer software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- Thompson, R. L., & Gutierrez-Sigut, E. (2019). Speech-Sign Bilingualism. In *The Handbook of the Neuroscience of Multilingualism* (p. 754-783). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119387725.ch36>
- Tominska, E. (2011a). Microgenèses didactiques en situation de lecture interactive dans une classe bilingue pour jeunes sourds [**Sciences de l'éducation**]. **Université de Genève**.

- Tominska, E. (2011b). Quelles pratiques littéraires pour les enfants sourds? *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 33(1), 89-108. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-86095>
- Tominska, E. (2015). Conditions favorisant les apprentissages des élèves sourds lors de Lecture **Interactive d'un album dans une classe bilingue**. *Recherches en éducation*, 23, Article 23. <https://doi.org/10.4000/ree.6759>
- Torgesen, J. K., Morgan, S. T., & Davis, C. (1992). Effects of two types of phonological awareness training on word learning in kindergarten children. *Journal of Educational Psychology*, 84(3), 364-370. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.3.364>
- Transler, C., Gombert, J. E., & Leybaert, J. (2001). Phonological decoding in severely and profoundly deaf children : Similarity judgment between written pseudowords. *Applied Psycholinguistics*, 22(1), 61-82. <https://doi.org/10.1017/S0142716401001047>
- Transler, C., Leybaert, J., & Gombert, J. (1999). Do deaf children use phonological syllables as reading units? *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 4(2), 124-143. <https://doi.org/10.1093/deafed/4.2.124>
- Transler, C., & Reitsma, P. (2005). Phonological coding in reading of deaf children : Pseudohomophone effects in lexical decision. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(4), 525-542. <https://doi.org/10.1348/026151005X26796>
- Traxler, M. J., Banh, T., Craft, M. M., Winsler, K., Brothers, T. A., Hoversten, L. J., Piñar, P., & Corina, D. P. (2021). Word skipping in deaf and hearing bilinguals : Cognitive control over eye movements remains with increased perceptual span. *Applied Psycholinguistics*, 42(3), 601-630. <https://doi.org/10.1017/S0142716420000740>
- Treiman, R. (2017). Linguistics and Reading. In *The Handbook of Linguistics* (p. 617-626). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119072256.ch30>
- Treiman, R. (2018). Teaching and Learning Spelling. *Child Development Perspectives*, 12(4), 235-239. <https://doi.org/10.1111/cdep.12292>
- Treutlein, A., Zöllner, I., Roos, J., & Schöler, H. (2008). Effects of phonological awareness training on reading achievement. *Written Language & Literacy*, 11(2), 147-166. <https://doi.org/10.1075/wll.11.2.03tre>
- Trezek, B. J., Wang, Y., Woods, D. G., Gampp, T. L., & Paul, P. V. (2007). Using Visual Phonics to Supplement Beginning Reading Instruction for Students Who Are Deaf or Hard of Hearing. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12(3), 373-384. <https://doi.org/10.1093/deafed/enm014>
- Trezek, B., & Mayer, C. (2019). Reading and Deafness : State of the Evidence and Implications for Research and Practice. *Education Sciences*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/educsci9030216>
- Trovato, S., & Folchi, A. (2022). The Social Condition of Deaf People : The Story of a Woman and a Hearing Society. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

- Trussell, J. W., & Easterbrooks, S. R. (2017). Morphological Knowledge and Students Who Are Deaf or Hard-of-Hearing: A Review of the Literature. *Communication Disorders Quarterly*, 38(2), 67-77. <https://doi.org/10.1177/1525740116644889>
- Tucker, R., Castles, A., Laroche, A., & Deacon, S. H. (2016). The nature of orthographic learning in self-teaching: Testing the extent of transfer. *Journal of Experimental Child Psychology*, 145, 79-94. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.12.007>
- Valdois, S. (2010). Evaluation des difficultés d'apprentissage de la lecture.** *Revue française de linguistique appliquée*, XV(1), 89-103. <https://doi.org/10.3917/rfla.151.0089>
- Valdois, S. (2017). Visual attention span training for the remediation of reading deficits. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 29, 265-275.
- Valdois, S. (2020). L'apprentissage de la lecture.** In *Neurosciences Cognitives Développementales* (In N.Poirel (Ed.)). Editions de Boeck Supérieur.
- Valdois, S. (2022). The visual-attention span deficit in developmental dyslexia : Review of evidence for a visual-attention-based deficit. *Dyslexia*, 28(4), 397-415. <https://doi.org/10.1002/dys.1724>
- Valdois, S. (2023). Chapitre 6. Un déficit de l'empan visuo-attentionnel est-il à l'origine de certaines formes de dyslexies chez l'enfant ?** In S. Casalis, *Les dyslexies du développement* (2ème édition, p. 104-127). Elsevier Masson.
- Valdois, S., Ans, B., & Carbonnel, S. (2009). **3. Principes de base pour l'élaboration d'un modèle connexionniste psychologiquement plausible de l'apprentissage de la lecture.** In M. Kail, M. Fayol, & M. Hickmann (Éds.), *Apprentissage des langues* (p. 379-404). CNRS Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.editions-cnrs.5977>
- Valdois, S., Guinet, E., & Embs, J. L. (2017). Evadys [Evaluation de l'Empan Visuo-Attentionnel en contexte dyslexique].** Grenoble: Laboratoire de Psychologie et Neurocognition.
- Valdois, S., Lassus-Sangosse, D., Lallier, M., Moreaud, O., & Pisella, L. (2019). What bilateral damage of the superior parietal lobes tells us about visual attention disorders in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 130, 78-91. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.08.001>
- Valdois, S., Peyrin, C., Lassus-Sangosse, D., Lallier, M., Démonet, J.-F., & Kandel, S. (2014). Dyslexia in a French–Spanish bilingual girl : Behavioural and neural modulations following a visual attention span intervention. *Cortex*, 53, 120-145. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.11.006>
- Valdois, S., Reilhac, C., Ginestet, E., & Line Bosse, M. (2021). Varieties of Cognitive Profiles in Poor Readers : Evidence for a VAS-Impaired Subtype. *Journal of Learning Disabilities*, 54(3), 221-233. <https://doi.org/10.1177/0022219420961332>
- Valdois, S., Roulin, J.-L., & Line Bosse, M. (2019). Visual attention modulates reading acquisition. *Vision Research*, 165, 152-161. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2019.10.011>
- Valdois, S., Zaher, A., Meyer, S., Diard, J., Mandin, S., & Bosse, M. L. (2024). Effectiveness of Visual Attention Span Training on Learning to Read and Spell : A Digital-game-based Intervention in Classrooms. *Reading Research Quarterly*, n/a(n/a), 1-20. <https://doi.org/10.1002/rrq.576>

- Valdois, S., & Zoubrinetzky, R. (2022). **Entraîner l'empan visuo-attentionnel améliore le niveau de lecture des enfants dyslexiques.** In S. J.-F. & A. W. F. Bois-Parriaud (Éd.), *Actualités du langage écrit* (p. 115-131). Ortho-Edition. <https://hal.science/hal-04208737>
- Van Den Boer, M., & de Jong, P. F. (2018). Stability of Visual Attention Span Performance and Its Relation With Reading Over Time. *Scientific Studies of Reading*, 22(5), 434-441. <https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1472266>
- Van Den Boer, M., de Jong, P. F., & Haentjens-van Meeteren, M. M. (2013). Modeling the Length Effect : Specifying the Relation With Visual and Phonological Correlates of Reading. *Scientific Studies of Reading*, 17(4), 243-256. <https://doi.org/10.1080/10888438.2012.683222>
- Vander Stappen, C., & Reybroeck, M. V. (2018). Phonological Awareness and Rapid Automated Naming Are Independent Phonological Competencies With Specific Impacts on Word Reading and Spelling : An Intervention Study. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00320>
- Vandermosten, M., Boets, B., Poelmans, H., Sunaert, S., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2012). A tractography study in dyslexia : Neuroanatomic correlates of orthographic, phonological and speech processing. *Brain*, 135(3), 935-948. <https://doi.org/10.1093/brain/awr363>
- Van Heuven, W. J. B., Mandera, P., Keuleers, E., & Brysbaert, M. (2014). Subtlex-UK : A New and Improved Word Frequency Database for British English. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(6), 1176-1190. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.850521>
- Van Staden, A. (2013). An evaluation of an intervention using sign language and multi-sensory coding to support word learning and reading comprehension of deaf signing children. *Child Language Teaching and Therapy*, 29(3), 305-318. <https://doi.org/10.1177/0265659013479961>
- Van Wieringen, A., & Wouters, J. (2015). What can we expect of normally-developing children implanted at a young age with respect to their auditory, linguistic and cognitive skills? *Hearing Research*, 322, 171-179. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2014.09.002>
- Vazeux, M., Doignon-Camus, N., Bosse, M.-L., Mahé, G., Guo, T., & Zagar, D. (2020). Syllable-first rather than letter-first to improve phonemic awareness. *Scientific Reports*, 10(1), 22130. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79240-y>
- Villwock, A., Wilkinson, E., Piñar, P., & Morford, J. P. (2021). Language development in deaf bilinguals : Deaf middle school students co-activate written English and American Sign Language during lexical processing. *Cognition*, 211, 104642. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104642>
- Vincent-Durroux, L. (2014). *La langue orale des jeunes sourds profonds.* De Boeck Supérieur.
- Waechter, S., Besner, D., & Stolz, J. A. (2011). Basic processes in reading : Spatial attention as a necessary preliminary to orthographic and semantic processing. *Visual Cognition*, 19(2), 171-202. <https://doi.org/10.1080/13506285.2010.517228>
- Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101(2), 192-212. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.101.2.192>

- Wang, H.-C., Castles, A., Nickels, L., & Nation, K. (2011). Context effects on orthographic learning of regular and irregular words. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(1), 39-57. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.11.005>
- Wang, H.-C., Nickels, L., Nation, K., & Castles, A. (2013). Predictors of Orthographic Learning of Regular and Irregular Words. *Scientific Studies of Reading*, 17(5), 369-384. <https://doi.org/10.1080/10888438.2012.749879>
- Wang, X., Caramazza, A., Peelen, M. V., Han, Z., & Bi, Y. (2015). Reading Without Speech Sounds : VWFA and its Connectivity in the Congenitally Deaf. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 25(9), 2416-2426. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu044>
- Wang, Y., Sibaii, F., Lee, K., Gill, M. J., & Hatch, J. L. (2021). Meta-Analytic Findings on Reading in Children With Cochlear Implants. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 26(3), 336-350. <https://doi.org/10.1093/deafed/enab010>
- Wang, Y., Trezek, B. J., Luckner, J. L., & Paul, P. V. (2008). The Role of Phonology and Phonologically Related Skills in Reading Instruction for Students who Are Deaf or Hard of Hearing. *American Annals of the Deaf*, 153(4), 396-407. <https://www.jstor.org/stable/26234536>
- Wass, M., Ching, T. Y. C., Cupples, L., Wang, H.-C., Lyxell, B., Martin, L., Button, L., Gunnourie, M., Boisvert, I., McMahon, C., & Castles, A. (2019). Orthographic Learning in Children Who Are Deaf or Hard of Hearing. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 50(1), 99-112. https://doi.org/10.1044/2018_LSHSS-17-0146
- Wass, M., Löfkvist, U., Anmyr, L., Karltorp, E., Östlund, E., & Lyxell, B. (2019). Correlates of Orthographic Learning in Swedish Children With Cochlear Implants. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00143>
- Wass, M., Lyxell, B., Sahlén, B., Asker-Árnason, L., Ibertsson, T., Mäki-Torkko, E., Hällgren, M., & Larsby, B. (2010). Reading Strategies And Cognitive Skills In Children With Cochlear Implants. *Acta Neuropsychologica*, 8(2). <https://actaneuropsychologica.com/ucid/932771>
- Waters, G. S., & Doehring, D. G. (1990). Reading acquisition in congenitally deaf children who communicate orally : Insights from an analysis of component reading, language, and memory skills. *Reading and its development: Component skills approaches*, 323-373.
- Webb, M.-Y., Lederberg, A. R., Branum-Martin, L., & McDonald Connor, C. (2015). Evaluating the Structure of Early English Literacy Skills in Deaf and Hard-of-Hearing Children. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 20(4), 343-355. <https://doi.org/10.1093/deafed/env024>
- Wechsler, D. (2016). **Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfants** : WISC-V [Wechsler Intelligence Scale for Children : WISC-V]. (Pearson, Inc.).
- Wegener, S., Wang, H.-C., Beyersmann, E., Reichle, E. D., Nation, K., & Castles, A. (2023). The Effect of Spacing Versus Massing on Orthographic Learning. *Reading Research Quarterly*, 58(3), 361-372. <https://doi.org/10.1002/rrq.492>
- White, A. L., Boynton, G. M., & Yeatman, J. D. (2019). The link between reading ability and visual spatial attention across development. *Cortex*, 121, 44-59. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.08.011>

- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (Springer-Verlag New York). <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wickham, H., & Bryan, J. (2023). *readxl: Read Excel Files*. (Version 1.4.2.) [Logiciel]. <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. (Version 1.1.2) [R package]. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Wickham, H., Vaughan, D., & Girlich, M. (2023). *tidyr: Tidy Messy Data*. (Version 1.3.0) [R package]. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>
- Williams, C., & Lowrance-Faulhaber, E. (2018). Writing in young bilingual children : Review of research. *Journal of Second Language Writing*, 42, 58-69. <https://doi.org/10.1016/j.jslw.2018.10.012>
- Wilson, M. (2001). The case for sensorimotor coding in working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(1), 44-57. <https://doi.org/10.3758/BF03196138>
- Wilson, M., & Emmorey, K. (2006). Comparing sign language and speech reveals a universal limit on short-term memory capacity. *Psychological Science-Cambridge-*, 17(8), 682.
- Wilson, M., Bettger, J. G., Nicolae, I., & Klima, E. S. (1997). Modality of Language Shapes Working Memory : Evidence From Digit Span and Spatial Span in ASL Signers. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 2(3), 150-160. <https://www.jstor.org/stable/23802925>
- Wimmer, H., Landerl, K., Linortner, R., & Hummer, P. (1991). The relationship of phonemic awareness to reading acquisition : More consequence than precondition but still important. *Cognition*, 40(3), 219-249. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(91\)90026-Z](https://doi.org/10.1016/0010-0277(91)90026-Z)
- Wimmer, H., Landerl, K., & Schneider, W. (1994). The role of rhyme awareness in learning to read a regular orthography. *British Journal of Developmental Psychology*, 12(4), 469-484. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1994.tb00648.x>
- Worster, E., Pimperton, H., Ralph-Lewis, A., Monroy, L., Hulme, C., & MacSweeney, M. (2018). Eye Movements During Visual Speech Perception in Deaf and Hearing Children. *Language Learning*, 68(Suppl Suppl 1), 159-179. <https://doi.org/10.1111/lang.12264>
- Yang, X., McBride, C., Ho, C. S.-H., & Chung, K. K. H. (2020). Longitudinal associations of phonological processing skills, Chinese word reading, and arithmetic. *Reading and Writing*, 33(7), 1679-1699. <https://doi.org/10.1007/s11145-019-09998-9>
- Yang, X., Star, J. R., Zhu, X., Wang, R., Zhang, Y., Tong, J., & He, Z. (2024). Phonological awareness and RAN contribute to Chinese reading and arithmetic for different reasons. *Cognitive Processing*, 25(3), 443-455. <https://doi.org/10.1007/s10339-024-01184-2>
- Yap, M. J., Liow, S. J. R., Jalil, S. B., & Faizal, S. S. B. (2010). The Malay Lexicon Project : A database of lexical statistics for 9,592 words. *Behavior Research Methods*, 42(4), 992-1003. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.4.992>
- Yeari, M., Isser, M., & Schiff, R. (2017). Do dyslexic individuals present a reduced visual attention span? Evidence from visual recognition tasks of non-verbal multi-character arrays. *Annals of Dyslexia*, 67(2), 128-146. <https://doi.org/10.1007/s11881-016-0132-4>

- Yujian, L., & Bo, L. (2007). A Normalized Levenshtein Distance Metric. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 29(6), 1091-1095. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2007.1078>
- Zeguers, M. H. T., Snellings, P., Huizenga, H. M., & van der Molen, M. W. (2014). Time course analyses of orthographic and phonological priming effects during word recognition in a transparent orthography. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(10), 1925-1943. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.879192>
- Zeguers, M. H. T., van den Boer, M., Snellings, P., & de Jong, P. F. (2018). Universal and language-specific predictors of early word reading in a foreign language : An analysis of the skills that underlie reading acquisition in three different orthographies. *Developmental Psychology*, 54(12), 2274-2290. <https://doi.org/10.1037/dev0000606>
- Zeng, F.-G., Rebscher, S., Harrison, W., Sun, X., & Feng, H. (2008). Cochlear Implants : System Design, Integration, and Evaluation. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 1, 115-142. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*. <https://doi.org/10.1109/RBME.2008.2008250>
- Zhao, J., Liu, H., Li, J., Sun, H., Liu, Z., Gao, J., Liu, Y., & Huang, C. (2019). Improving sentence reading performance in Chinese children with developmental dyslexia by training based on visual attention span. *Scientific Reports*, 9(1), 18964. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55624-7>
- Ziegler, J. C. (2018). Différences inter-**linguistiques dans l'apprentissage de la lecture**. *Langue française*, 199(3), 35-49. <https://doi.org/10.3917/lf.199.0035>
- Ziegler, J. C., Bertrand, D., Lété, B., & Grainger, J. (2014). Orthographic and phonological contributions to reading development : Tracking developmental trajectories using masked priming. *Developmental Psychology*, 50(4), 1026-1036. <https://doi.org/10.1037/a0035187>
- Ziegler, J. C., Bertrand, D., Tóth, D., Csépe, V., Reis, A., Faísca, L., Saine, N., Lyytinen, H., Vaessen, A., & Blomert, L. (2010). Orthographic Depth and Its Impact on Universal Predictors of Reading : A Cross-Language Investigation. *Psychological Science*, 21(4), 551-559. <https://doi.org/10.1177/0956797610363406>
- Ziegler, J. C., & Goswami, U. (2005). Reading Acquisition, Developmental Dyslexia, and Skilled Reading Across Languages : A Psycholinguistic Grain Size Theory. *Psychological Bulletin*, 131(1), 3-29. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.3>
- Ziegler, J. C., Jacobs, A. M., & Klüppel, D. (2001). Pseudohomophone effects in lexical decision : Still a challenge for current word recognition models. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(3), 547-559. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.27.3.547>
- Ziegler, J. C., Perry, C., & Zorzi, M. (2014). Modelling reading development through phonological decoding and self-teaching : Implications for dyslexia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1634), 20120397. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0397>
- Zoccolotti, P., De Luca, M., Di Filippo, G., Judica, A., & Martelli, M. (2009). Reading development in an orthographically regular language : Effects of length, frequency, lexicality and global processing ability. *Reading and Writing*, 22(9), 1053-1079. <https://doi.org/10.1007/s11145-008-9144-8>

- Zorman, M. (1999). Evaluation de la conscience phonologique et entraînement des capacités phonologiques en grande section de maternelle. *Evaluation de la conscience phonologique et entraînement des capacités phonologiques en grande section de maternelle*, 36(197), 139-157.
- Zoubrinetzky, R., Bielle, F., & Valdois, S. (2014). New Insights on Developmental Dyslexia Subtypes : Heterogeneity of Mixed Reading Profiles. *PLOS ONE*, 9(6), e99337. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099337>
- Zoubrinetzky, R., Collet, G., Serniclaes, W., Nguyen-Morel, M.-A., & Valdois, S. (2016). Relationships between Categorical Perception of Phonemes, Phoneme Awareness, and Visual Attention Span in Developmental Dyslexia. *PLOS ONE*, 11(3), e0151015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151015>
- Zugarramurdi, C., Fernández, L., Lallier, M., Valle-Lisboa, J. C., & Carreiras, M. (2022). Mind the orthography: Revisiting the contribution of prereading phonological awareness to reading acquisition. *Developmental Psychology*, 58(6), 1003-1016. <https://doi.org/10.1037/dev0001341>

Titre : Rôle des compétences phonologiques et de l'Empan Visuo- Attentionnel sur l'identification de mots en cas de surdité : comparaison d'enfants sourds h trog nes à un groupe témoin entendant.

Mots clés : surdité, conscience phonologique, empan-visuo-attentionnel, lecture, apprentissage de la lecture, langues

Résumé : De nombreuses études internationales révèlent que l'apprentissage de la lecture présente des défis spécifiques pour les enfants sourds : en France, plus de 40 % d'entre eux rencontrent des difficultés. La maîtrise de la lecture constitue un enjeu crucial pour leur socialisation et leur autonomie. Chez les enfants entendants, deux prérequis de la lecture importants émergent de la littérature scientifique : la conscience phonologique (CP), c'est-à-dire la capacité à manipuler les unités phonologiques de la langue, et l'Empan Visuo-Attentionnel (EVA), qui correspond au nombre de caractères perçus simultanément en une fixation oculaire.

Inspiré par les modèles de lecture à double voie, le développement de la lecture chez les enfants sourds a été principalement étudié sous l'angle de l'hypothèse phonologique. Cependant, en raison de l'accès limité à la phonologie chez les enfants sourds et de l'opacité du français, cette approche est débattue. Parallèlement, des approches alternatives, telles que l'hypothèse visuelle, suggèrent que certains lecteurs sourds signants, performants en lecture, utilisent des stratégies visuelles spécifiques (e.g. large empan perceptif et lecture par mots-clés). Par ailleurs, des études récentes ont mis en lumière des compétences visuo-orthographiques particulières chez les enfants sourds, qu'ils utilisent la langue vocale ou la langue des signes.   ce jour, aucune étude n'a examiné précisément le rôle de l'EVA dans l'identification des mots isolés chez les enfants sourds.

Notre étude se propose de tester l'hypothèse selon laquelle les bons lecteurs sourds pourraient compenser un déficit en CP par un recours à l'EVA. Pour cela, nous avons conçu une batterie de tests comprenant des tâches de détection de rimes à l'aide d'images, le traitement de chaînes de consonnes via le logiciel EVADYS, et une tâche de décision orthographique avec distracteurs phonologiques et orthographiques. L'échantillon comprend 51 enfants sourds profonds ( g s de 8 à 12 ans) et 42 enfants entendants. Nos résultats, répartis en trois volets d'analyses, montrent une grande variabilité des scores de CP et d'EVA en fonction du groupe linguistique et du niveau de lecture.

La comparaison des groupes linguistiques montre que les compétences en CP sont élevées chez les entendants et sourds oralisants, mais plus faibles chez les sourds signants. En EVA, les entendants surpassent les deux groupes sourds. La comparaison en fonction du niveau de lecture montre que les lecteurs habiles obtiennent des scores de CP et d'EVA supérieurs, bien que certains lecteurs habiles aient des scores de CP relativement faibles tandis que leurs résultats sont comparables à ceux de leurs pairs habiles lecteurs, en EVA. Les modèles statistiques montrent que la CP influence principalement les enfants sourds oralisants via la lecture labiale, tandis que l'EVA joue un rôle dans l'identification des mots pour tous les groupes. La lecture labiale influence également la lecture des enfants sourds signants mais uniquement au niveau lexical.

Ces résultats suggèrent que la variabilité de l'apprentissage de la lecture chez les enfants, qu'ils soient sourds ou entendants, dépend en partie de l'EVA. Ils indiquent aussi qu'une part faible des enfants sourds signants, dans notre étude, parvient à devenir de bons lecteurs sans une conscience phonologique développée. En outre, la lecture labiale émerge comme un soutien central pour la reconnaissance des mots, jouant un rôle lexical pour les sourds signants et un rôle sublexical pour les sourds oralisants.

Ces résultats ouvrent des perspectives en recherche appliquée, en vue de développer des tests spécifiques pour mieux évaluer la population sourde.

Title: Role of phonological and visual-attentional span skills on word identification in deafness: comparison in heterogeneous deaf children with a hearing control group

Key words: deafness, phonological awareness, visual-attentional span, reading, learning to read, languages

Abstract: Numerous international studies reveal that learning to read presents specific challenges for deaf children: in France, over 40% of them encounter such difficulties. Yet, mastering reading is a crucial factor for their socialization and autonomy. For hearing children, two critical prerequisites for reading emerge from the scientific literature: phonological awareness (PA), which is the ability to manipulate phonological units of language, and the Visual-Attentional Span (VAS), corresponding to the number of letters in consonant string perceived simultaneously in a single eye fixation.

Inspired by dual-route reading models, reading development in deaf children has mainly been studied through the lens of the phonological hypothesis. However, given deaf children's limited access to phonology and the opacity of French, this approach is debated. In parallel, alternative approaches, such as the visual hypothesis, suggest that certain deaf readers who are skilled readers rely on specific visual strategies (e.g., larger perceptual span and keyword strategy). Moreover, recent studies have highlighted unique visuo-orthographic skills in deaf children, regardless of whether they use spoken language or sign language. To date, no study has precisely examined the role of VAS in written word identification in deaf children.

Our study aims to test the hypothesis that proficient deaf readers could compensate for a deficit in PA by relying on VAS. To do this, we designed a battery of tests including rhyme detection tasks using images, consonant string processing in EVADYS software, and an spelling decision task with phonological and orthographic distractors. The sample includes 51 profoundly deaf spoken and signing children (aged 8 to 12) and 42 hearing children. Our results, divided into three levels of analysis, reveal a wide variability in PA and VAS scores depending on linguistic group and reading level.

Comparing linguistic groups shows that PA skills are high among hearing children and deaf spoken children but lower in deaf signers. For VAS, hearing children outperform both deaf groups. Comparison based on reading level shows that skilled readers achieve higher scores in PA and VAS, although some skilled deaf readers, whether oral, signing, or hearing, have relatively low PA scores, but results in VAS comparable to their skilled reader peers. Statistical models indicate that PA mainly influences deaf spoken children through lip-reading, whereas VAS plays a role in word identification across all groups. Lip-reading also influences lexical-level word recognition in deaf signing children.

These findings suggest that the variability in reading acquisition among children, whether deaf or hearing, partly depends on VAS. They also indicate that a portion of deaf signing children, although small in our study, manages to become proficient readers without developed phonological awareness. Additionally, lip-reading emerges as a central support for word recognition, playing a lexical role for deaf signers and a sublexical role for deaf oral children.

These results open perspectives in applied research, aimed at developing specific tests to better assess the deaf population.