THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

École doctorale : ISCE - Ingénierie pour la Santé la Cognition et l'Environnement
Spécialité : PCN - Sciences cognitives, psychologie et neurocognition
Unité de recherche : Laboratoire de Psychologie et Neuro Cognition

Soutenir le développement de la parole chez l'enfant sourd porteur d'implant cochléaire : apports de l'Auditory Verbal Therapy et de la Langue française Parlée Complétée

Sustaining speech development in deaf children with cochlear implant: the contribution of Auditory Verbal Therapy and French Cued Speech

Présentée par :

Lucie VAN BOGAERT

Direction de thèse :

Hélène LOEVENBRUCK DIRECTRICE DE RECHERCHE, CNRS DELEGATION ALPES	Directrice de thèse
Anne VILAIN MAITRESSE DE CONFERENCES, Université Grenoble Alpes	Co-encadrante de thèse

Rapporteurs :

CECILE COLIN
PROFESSEURE, UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES
ANAHITA BASIRAT
MAITRESSE DE CONFERENCES HDR, UNIVERSITE DE LILLE

Thèse soutenue publiquement le **5 mars 2024**, devant le jury composé de :

HELENE LOEVENBRUCK, DIRECTRICE DE RECHERCHE, CNRS DELEGATION ALPES	Directrice de thèse
CECILE COLIN, PROFESSEURE, UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES	Rapporteure
ANAHITA BASIRAT, MAITRESSE DE CONFERENCES HDR, UNIVERSITE DE LILLE	Rapporteure
LAURENCE DURROUX, PROFESSEURE DES UNIVERSITES, UNIVERSITE GRENOBLE ALPES	Présidente
ELIZABETH FITZPATRICK, PROFESSEURE, UNIVERSITY OF OTTAWA	Examinatrice

Invités :

ANNE VILAIN
MAITRESSE DE CONFERENCES, UNIVERSITE GRENOBLE ALPES
SASKIA MUGNIER
MAITRESSE DE CONFERENCES, UNIVERSITE GRENOBLE ALPES

Mots clés : enfants sourds, implants cochléaires, Auditory Verbal Therapy, Langue française Parlée Complétée, production de parole, perception de parole, mémoire de travail.

RESUME

La surdité peut avoir un impact sur le développement linguistique et cognitif de l'enfant. L'implant cochléaire vise à améliorer la perception des sons de la parole, mais les informations auditives transmises par celui-ci restent altérées, ce qui peut affecter le développement du langage oral. Ainsi, pour les parents d'enfants sourds porteurs d'implants cochléaires qui souhaitent utiliser une langue parlée avec leur enfant, il est important de mettre en place des outils et méthodes d'aide à la communication de manière quotidienne. Ce travail de thèse vise à faire un état des lieux de l'usage de ces outils et méthodes en France et à mesurer leurs éventuels bénéfices sur le développement de la parole.

Le premier axe de cette thèse a permis de recenser les outils et méthodes utilisés par les parents et les professionnel·le·s en France à partir d'enquêtes en ligne, et ainsi de mieux décrire les pratiques orthophoniques et parentales actuelles auprès des enfants sourds. Ces enquêtes nous ont amenée à focaliser notre étude sur deux approches basées sur des principes théoriques très différents: l'Auditory Verbal Therapy (AVT), qui repose sur une utilisation renforcée de la modalité auditive, et la Langue française Parlée Complétée (LfPC), un code gestuel destiné à être utilisé en complément de la lecture labiale, dont le principe est donc la co-utilisation des modalités auditive et visuelle.

Le deuxième axe de cette thèse vise à évaluer les bénéfices de ces deux approches sur la perception, la production de parole, ainsi que sur la mémoire de travail. Il comprend quatre études expérimentales, qui exploitent cinq tâches différentes, et qui ciblent des processus linguistiques différents : une tâche de détection d'altérations phonologiques, une tâche de dénomination d'images, une tâche de répétition de pseudo-mots, une tâche de mémoire de travail verbale (empan de chiffres à l'endroit) et une tâche de mémoire de travail visuo-spatiale (empan visuo-spatial à l'endroit). Des enfants âgés de 5 à 11 ans ont été répartis en quatre groupes : les enfants normo-entendants, les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ayant suivi une thérapie AVT (groupe AVT), les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ayant un niveau élevé de décodage de la LfPC (groupe LfPC+) et les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires avec un faible niveau de décodage de la LfPC (groupe LfPC-). Les scores des enfants sourds sont comparés à la variabilité typique des enfants entendants de même âge.

Les résultats montrent que les enfants LfPC- ont des performances plus faibles que les enfants normo-entendants sur les trois tâches de parole. Les enfants AVT et LfPC+ parviennent à obtenir des performances similaires à celles des enfants normo-entendants sur les tâches de détection d'altérations phonologiques et de dénomination d'images. En revanche, pour la tâche de répétition de pseudo-mots, qui implique le traitement de structures phonologiques nouvelles, tous les enfants sourds ont des performances déficitaires. Enfin, tous les enfants sourds ont des performances en mémoire de travail, verbale et visuo-spatiale, dans les normes attendues pour leur âge.

En conclusion, les résultats de ces études suggèrent qu'un niveau élevé de décodage de la LfPC, de même que la participation à un programme AVT, peuvent contribuer au développement des compétences phonologiques en production et en perception chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Par ailleurs, ces études confirment le fait que l'implantation cochléaire seule n'est pas suffisante pour permettre aux enfants sourds de développer des compétences adéquates en perception et en production de parole. Ce travail présente des retombées cliniques, éducatives et sociétales soulignant la nécessité de sensibiliser les personnes qui prennent en charge des enfants sourds (tels que les parents, les orthophonistes, les enseignant·e·s ou encore les médecins) sur les limites de la perception de parole par l'implant cochléaire et la nécessité d'envisager des stratégies spécifiques de rééducation de la parole, particulièrement pendant les premières années. Il questionne également la complexité de l'évaluation d'une approche pour soutenir le développement phonologique et met en évidence la diversité des facteurs à considérer pour accompagner les parents dans leurs choix linguistiques.

Sustaining Speech Development in Deaf Children with Cochlear Implant: The Contribution of Auditory Verbal Therapy and French Cued Speech

Key words: deaf children, cochlear implants, Auditory Verbal Therapy, French Cued Speech, speech production, speech perception, working memory.

ABSTRACT

Hearing loss can impact the cognitive and linguistic development of a child. Cochlear implants are designed to improve speech sound perception, but the auditory information provided by the cochlear implant remains limited, which can lead to spoken language difficulties. Therefore, for parents of deaf children who choose to use spoken language with their child, it is important to implement communication aids. This thesis aims to quantify the use of these tools and methods in France and their potential benefits for speech development.

The first study of this thesis is a survey documenting the tools and methods used by parents and professionals in France, based on online surveys. It provides better description of current speech therapy and parental practices with deaf children. This study led us to focus on two approaches based on contrasting theoretical principles: Auditory Verbal Therapy (AVT), which is based on enhanced use of the auditory modality, and Cued Speech (CS), a manual code designed to be used in addition to lip-reading, the principle of which is therefore the co-use of the auditory and visual modalities.

The second part of this thesis aims to evaluate the benefits of these two approaches on speech perception, speech production and working memory. It comprises four experimental studies using five different tasks targeting different linguistic processes: a phonological alterations detection task, a picture naming task, a non-word repetition task, a verbal working memory task (forward verbal span), and a visuo-spatial working memory task (forward visuo-spatial span). Children aged 5 to 11 were divided into four groups: typically hearing children, deaf children with CI who were enrolled in an AVT approach (AVT group), deaf children with CI with a high level of CS proficiency (CS+ group), and deaf children with CI with a low level of CS proficiency (CS- group). The scores of the deaf children were compared with the typical variability of hearing children of the same age.

The results show that CS- children have lower performance than normal-hearing children on detection of phonological alterations and picture naming tasks. AVT and CS+ children achieve similar speech perception and production performance to normal-hearing children.

For the pseudoword repetition task, which involves processing new phonological structures, all the deaf children had lower performance than peers with typical hearing. Finally, all deaf children show working memory performance (verbal and visuo-spatial) within the expected norms for their age.

In conclusion, the findings of these studies suggest that a high level of CS proficiency, or participation to an AVT approach, can contribute to the development of phonological skills in speech production and perception in children with CI. Additionally, the results of these studies confirm the fact that cochlear implantation alone is not sufficient for a deaf child to develop adequate speech perception and production skills. This work has clinical, educational, and societal implications, emphasizing the need to raise awareness among those involved in the care of deaf children (such as parents, speech therapists, teachers, and doctors) about the limitations of speech perception by cochlear implants and the need to consider specific speech rehabilitation strategies, particularly during the early years. It also questions the complexity of evaluating an approach to sustain phonological development and highlights the diversity of factors that need to be considered when supporting parents in their linguistic choices.

REMERCIEMENTS

Ce travail de thèse a vu le jour grâce au soutien précieux de nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à son élaboration.

Mes premiers remerciements s'adressent aux membres de mon jury de thèse pour avoir accepté de faire partie de ce jury et d'évaluer ce travail : Anahita Basirat, Cécile Colin, Laurence Durroux, Elizabeth Fitzpatrick et Saskia Mugnier. Merci pour votre bienveillance, votre lecture attentive, vos questions pertinentes et vos retours constructifs. Ces éléments vont contribuer à l'élargissement de mes perspectives de recherche.

Ensuite, je voudrais remercier sincèrement mes deux encadrantes de thèse : Anne Vilain et Hélène Lœvenbruck. Merci infiniment pour la confiance, l'encadrement et la liberté que vous m'avez accordée. Je tiens également à vous remercier pour votre accueil chaleureux au sein de vos deux laboratoires (LPNC et Gipsa-lab). Vous m'avez offert un environnement de travail dynamique, riche et stimulant.

Merci également aux membres de mon comité de suivi individuel, Jean-Luc Schwartz et Jackie Salter pour les précieux conseils et pour m'avoir accompagné tout au long de ce travail.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué au recrutement des participants, notamment l'association ALPC et l'association ADEFAV. Merci à ces deux associations de parents pour m'avoir permis d'enregistrer un certain nombre d'enfants et m'avoir fait découvrir plus en détail le fonctionnement de ces deux approches. Merci également au CHU de Grenoble (Dr. Schmerber et Dr. Penisson) pour m'avoir mis en contact avec des familles d'enfants sourds aux alentours de Grenoble. Et bien évidemment, merci infiniment à toutes les familles et les enfants d'avoir participés aux différentes études.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance envers Solveig Chapuis et le Camsp « La Providence » pour leur aide dans la création des questionnaires et pour leurs suggestions qui ont permis d'enrichir ce travail.

Un immense merci aux doctorant·e·s du LPNC. Cette thèse n'aurait pas été la même sans vous. Continuez à faire perdurer cette bonne ambiance qui fait qu'on a toujours envie de venir au labo. Un merci particulier à Laura pour sa bienveillance, son accueil dès le premier jour et sa positivité. Tu es quelqu'un de très inspirante et d'encourageante et je te souhaite

énormément de bonheur et d'épanouissement pour la suite de tes aventures. Une grande carrière de chercheuse t'attend, j'en suis sûre ! Merci pour tout.

Un grand merci également aux doctorant·e·s du projet Comm4CHILD. Merci pour tous les échanges que l'on a pu avoir et pour cette atmosphère bienveillante et positive. J'ai adoré les secondments et les workshops à vos côtés. Merci à Sophie pour avoir organisé à la perfection tous les workshops comm4CHILD et pour son écoute bienveillante. Merci à Jackie, Ruth, Ted, Helen, Catherine et Nisba pour m'avoir permis de découvrir Leeds et Bradford et m'avoir accueilli au sein de vos universités ou de vos hôpitaux.

Merci à toutes les personnes l'équipe PCMD du Gipsa et de l'équipe langage du LPNC pour les échanges scientifiques et constructifs. Merci à Silvain pour ton aide sur les statistiques, ta disponibilité, ta réactivité et ta patience.

Merci aux étudiant·e·s de Sciences du langage qui ont participé·e·s au traitement des données du projet EULALIES (Hatie, Arno, Sandrine) et en particulier à Clarisse et Maud pour la transcription des données. C'était un plaisir de travailler avec vous.

Merci à toutes mes copines du petit groupe de Belgique qui m'ont accompagnées et soutenues depuis une dizaine d'années. Vous êtes des amies en or. Si la Belgique me manque parfois, c'est certainement à cause de (grâce à) vous. Un merci spécial à la team ucclienne. Merci aussi à mes amis·e·s de gauche de Grenoble pour les soirées et les discussions d'un haut niveau d'intelligence. Merci à l'association de capitalisation des avoirs et des biens pour les précieux conseils. Merci à celles et ceux qui se sont intéressé·e·s à ma thèse au point d'assister à ma présentation de « Pint of Sciences ». Un merci tout particulier à mes deux pintades qui m'ont donné un petit côté Grelou en me faisant découvrir la montagne (mais pas trop, faut pas exagérer non plus).

Je remercie également toute ma famille et ma belle-famille. A mes sœurs, pour leurs encouragements et leur soutien sans faille. A ma maman, qui m'a permis d'avoir confiance en moi et qui a toujours été présente. A mon papa, que j'admire pour son expertise et sa rigueur scientifique. A mes tantes, mes oncles et mes cousin·e·s, pour leur émerveillement face à mon travail. A ma grand-mère pour la relecture des fautes et son admiration. Je suis reconnaissante de pouvoir compter sur une famille aussi exceptionnelle.

Enfin, merci à Léo pour son soutien sans faille et pour m'avoir écouté me plaindre, pleurer, angoisser (et j'en passe). Je ne sais pas comment te remercier et te montrer ma gratitude. Tu

as toujours été là pour moi et j'ai hâte de voir ce que l'avenir nous réserve. Ton intelligence et ta curiosité ne cesseront de m'impressionner. Merci d'être toi.

« *Entre*

Ce que je pense,

Ce que je veux dire,

Ce que je crois dire,

Ce que je dis,

Ce que vous avez envie d'entendre,

Ce que vous croyez entendre,

Ce que vous entendez,

Ce que vous avez envie de comprendre,

Ce que vous croyez comprendre,

Ce que vous comprenez...

Il y a dix possibilités qu'on ait des difficultés à communiquer.

Mais essayons quand même... »

Bernard Weber (2008)

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION **4**

I. CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET PROBLEMATIQUE **7**

1. Réhabilitation auditive et développement de la parole et de la mémoire de travail **8**

1.1. Dispositifs de réhabilitation auditive 8
1.1.1. Dispositifs à conduction aérienne et osseuse 9
1.1.2. Dispositif par stimulation électronique : l'implant cochléaire 11
1.2. Implant cochléaire et développement de la parole 12
1.2.1. Contribution de l'implant cochléaire sur le développement cérébral 12
1.2.2. Perception de parole des enfants avec implants cochléaires 15
1.2.3. Production de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires 18
1.3. Implant cochléaire et développement de la mémoire de travail 20
1.3.1. Mémoire de travail : définition 20
1.3.2. Compétences en mémoire de travail verbale des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires 23
1.3.3. Compétences en mémoire de travail visuo-spatiale des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires 24
1.4. En résumé 26

2. Prise en charge orthophonique des enfants sourds **27**

2.1. Prise en charge pluridisciplinaire et Evidence-Based Practice 27
2.2. Accompagnement parental 29
2.3. Outils et méthodes pour soutenir la communication avec les enfants sourds 31
2.4. Article 1. Outils d'aide à la communication en langue française chez les enfants sourds : enquêtes sur les usages familiaux et professionnels 33
2.5. En résumé 57

3. Fondements théoriques de deux approches pour soutenir le développement de la parole de l'enfant sourd **59**

3.1. L'Auditory Verbal Therapy (AVT) 59
3.1.1. Théorie du renforcement auditif pour le développement de la parole 59
3.1.2. Principes et fondements de l'AVT 61
3.1.3. Apports de l'AVT sur le développement de la parole et du langage de l'enfant sourd 66
3.2. Langue française Parlée Complétée (LfPC) 68
3.2.1. Théories multimodales pour le développement de la parole 68
3.2.2. Principes et fondements de la LfPC 71
3.2.3. Apports de l'exposition à la LfPC sur le développement de la parole et du langage de l'enfant sourd 74
3.2.4. Apports de l'exposition à la LfPC sur le développement de la mémoire de travail de l'enfant sourd 76
3.3. En résumé 77

II. APPORTS DE L'AUDITORY VERBAL THERAPY ET DE LA LANGUE FRANCAISE PARLEE COMPLETEE SUR LE DEVELOPPEMENT DE LA PAROLE ET DE LA MEMOIRE DE TRAVAIL **78**

1. Objectifs et questions de recherche 79

2. Méthodologie 82

2.1. Tâches utilisées 82
2.1.1. Tâches d'inclusion 82
2.1.1.1. Niveau morphosyntaxique 82
2.1.1.2. Test audiométrique 83
2.1.2. Tâches expérimentales : batterie EULALIES 83
2.1.2.1. Modèle théorique psycholinguistique de Meloni et al. (2022) 83
2.1.2.2. Détection d'altérations phonologiques 86
2.1.2.3. Dénomination d'images 87
2.1.2.4. Répétition de pseudo-mots 87
2.1.3. Tâches expérimentales : Mémoire de travail 88
2.1.3.1. Test d'empan endroit 88
2.1.3.2. Test d'empan visuo-spatial 88
2.1.4. Conscience phonologique 89
2.1.5. Questionnaire de langage 90
2.1.6. Test d'Évaluation de la Réception du Message Oral (TERMO) 90
2.2. Protocole expérimental 92
2.2.1. Déroulement 92
2.2.2. Matériel 93
2.3. Participant·e·s 93
2.3.1. Groupe contrôle d'enfants normo-entendants 93
2.3.2. Groupe d'enfants porteurs d'implants cochléaires 94
2.4. Traitement des données 99
2.4.1. Données sur la perception de parole 99
2.4.2. Données sur la production de parole 100
2.4.2.1. Transcriptions 100
2.4.2.2. Validation 100
2.4.2.3. Syllabification et alignement 100
2.4.3. Données sur la mémoire de travail 101
2.5. Extraction des données 101
2.6. Analyses statistiques 101

3. Article 2. Speech rehabilitation in children with cochlear implants using a multisensory (French Cued Speech) or a hearing-focused (Auditory Verbal Therapy) approach 103

4. Article 3. Apports de la langue française Parlée Complétée et de l'Auditory Verbal Therapy sur la production de parole d'enfants porteurs d'implants cochléaires 129

5. Article 4. Nonword repetition in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches 152

6. Article 5. Mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires utilisant différentes approches de rééducation langagière 160

7. Analyses supplémentaires 181

7.1. Détection d'altérations phonologiques 181
7.1.1. Comparaison des enfants porteurs d'implants cochléaires par rapport aux enfants normo-entendants 182
7.1.2. Comparaison entre les enfants porteurs d'implants cochléaires 182
7.2. Dénomination d'images 182

7.2.1. Production phonémique, consonantique et vocalique 183
7.2.2. Comparaison des enfants porteurs d'implants cochléaires par rapport aux enfants normo-entendants 185
7.2.3. Comparaison entre les enfants porteurs d'implants cochléaires 185
7.3. Répétition de pseudo-mots 186
7.3.1. Production phonémique, consonantique et vocalique 186
7.2.3. Comparaison des enfants porteurs d'implants cochléaires par rapport aux enfants normo-entendants 188
7.3.2. Comparaison entre les enfants porteurs d'implants cochléaires 189
7.3.3. Production du contraste de voisement 189
7.3.4. Production du contraste de nasalité 191

III. DISCUSSION GENERALE 194

1. Synthèse et discussion des principaux résultats des cinq études 196

2. Limites 203

2.1. Taille de l'échantillon 203
2.2. Influence d'autres variables sur les performances linguistiques 204
2.3. Caractère post-interventionnel de l'étude 208

3. Applications cliniques et implications sociétales et politiques 208

3.1. Applications cliniques 208
3.2. Implications sociétales 210
3.3. Implications politiques 211

4. Perspectives futures 212

5. Conclusion 214

REFERENCES 217

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1.1. Schéma de l'oreille - Anatomie du système auditif....8

Figure 1.1.2. Fonctionnement de l'implant cochléaire, tiré du site internet du fabricant MedEl....11

Figure 1.1.3. Composante auditive du connectome neuronal issu de l'article de Kral et al. (2016) qui illustre les interactions du cortex auditif avec d'autres fonctions cognitives....14

Figure 1.1.4. Trajectoires individuelles de développement des latences de réponse corticale chez les enfants porteurs d'implants cochléaires. Figure issue de l'article de Kral & Sharma (2012). 15

Figure 1.1.5. Modèle de la mémoire de travail de Baddeley (2000) 21

Figure 1.1.6. Modèle actuel de la mémoire de travail de Baddeley et al. (2021) qui illustre le flux d'informations entre la perception et la mémoire tampon épisodique....22

Figure 1.2.1. Pourcentage d'utilisation de tous les outils d'aide à la communication recensés dans la pratique clinique pour la rééducation langagière de l'enfant sourd (réponses des professionnels) – Figure 1 de l'article 1....46

Figure 1.2.2. Pourcentage d'utilisation du Français Signé, de la LfPC et de l'AVT par les professionnels et les parents d'enfants sourds – Figure 2 de l'article 1....47

Figure 1.3.1. Positions et configurations de la main en Langue française Parlée Complétée 72

Figure 2.2.1. Exemple d'images de l'épreuve de production d'énoncés de la batterie ELO....83

Figure 2.2.2. Synthèse des différentes étapes du traitement de la perception de parole du modèle théorique psycholinguistique (Meloni, 2022)....84

Figure 2.2.3. Synthèse des différentes étapes du traitement de la protection de parole du modèle théorique psycholinguistique (Meloni, 2022)....85

Figure 2.2.4. Tâche d'empan visuo-spatial à l'endroit PathSpan (version ludique)....89

Figure 2.2.5. Nombre d'enfants sourds recrutés pour chaque région de France. 97

Figure 2.2.6. Exemple de transcription, validation, alignement et syllabification à partir du logiciel Phon....101

Figure 2.3.1. Verbal working memory Z score (standardized digit span score) according for the four group (i.e. AVT, CF+, CF- and TH) – Figure 1 de l'article 2....118

Figure 2.3.2. Morphosyntax Z score (standardized ELO score) for the four groups (AVT, CF+, CF- and TH) – Figure 2 de l'article 2. 119

Figure 2.3.3. Implantation age in months in each of the CI groups: AVT, CF+, CF- – Figure 3 de l'article 2. 119

Figure 2.3.4. Individual d' score for each child, 95% prediction interval based on the TH group (dotted line) – Figure 4 de l'article 2. 120

Figure 2.3.5. Individual β score for each child, 95% prediction interval based on the TH group (dotted line) – Figure 5 de l'article 2. 121

Figure 2.3.6. Percentage of correct rejections for each types of phonological alterations across the four groups (CF+, CF-, AVT and TH) – Figure 6 de l'article 2....122

Figure 2.3.7. Variable importance plot of the random forest of all variables on Cued French reading skills – Figure 7 de l'article 2. 123

Figure 2.4.1. Moyenne du nombre d'erreurs par mot sur les consonnes, en fonction de l'âge chronologique et du groupe (NE, AVT, LfPC+ et LfPC-) – Figure 1 de l'article 3....142

Figure 2.4.2. a) Moyenne du nombre d'erreurs par mot pour les suppressions consonantiques en fonction de l'âge chronologique ; b) Moyenne du nombre d'erreurs par mot pour les substitutions consonantiques en fonction de l'âge chronologique – Figure 2 de l'article 3. 143

Figure 2.4.3. a) Nombre de sonorisations total en fonction de l'âge chronologique ; b) Nombre d'assourdissements total en fonction de l'âge chronologique – Figure 3 de l'article 3. 144

Figure 2.4.4. a) Nombre de sur-nasalisations total en fonction de l'âge chronologique ; b) Nombre de dénasalisations total en fonction de l'âge chronologique – Figure 4 de l'article 3. 145

Figure 2.4.5. Moyenne du nombre d'erreurs par mot sur les consonnes pour les quatre groupes d'enfants (AVT, LfPC+, LfPC- et NE), en fonction du nombre de syllabes – Figure 5 de l'article 4....145

Figure 2.5.1. Mean number of consonant errors per nonword in the four groups of children, according to chronological age in months – Figure 1 de l'article 4. 156

Figure 2.5.2. Mean number of vowel errors per nonword in the four groups of children, according to chronological age in months – Figure 2 de l'article 4. 157

Figure 2.6.1. a) Empan verbal pour chaque enfant, intervalle de prédiction à 95% basé sur le groupe normo-entendant (NE) (ligne pointillée) et moyenne prédite par les données NE (ligne pleine) ; b) Écart par rapport à la moyenne prédite par les données des enfants NE, en fonction des trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) sur le score verbal – Figure 1 de l'article 5 172

Figure 2.6.2. a) Empan visuo-spatial pour chaque enfant, intervalle de prédiction à 95% basé sur le groupe normo-entendant (NE) (ligne pointillée) et moyenne prédite par les données NE (ligne pleine) ; b) Écart par rapport à la moyenne prédite par les données des enfants NE, en fonction des trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) sur le score visuo-spatial – Figure 2 de l'article 5. 173

Figure 2.7.1. Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne de l'intervalle de prédiction des NE pour les trois groupes d'enfants sourds – tâche de détection d'altérations phonologiques. 182

Figure 2.7.2. Nombre moyen d'erreurs par mot sur les phonèmes, consonnes et voyelles pour chaque enfant, en fonction l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE – tâche de dénomination d'images. 183

Figure 2.7.3. Diagramme en boites à moustaches représentant les écarts moyens par rapport à l'intervalle de prédiction des NE pour les trois groupes d'enfants sourds pour les phonèmes, consonnes et voyelles – tâche de dénomination d'images. 184

Figure 2.7.4. Nombre moyen d'erreurs par mot sur les phonèmes, consonnes et voyelles pour chaque enfant, en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE – tâche de répétition de pseudo-mots. 186

Figure 2.7.5. Diagrammes en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les trois groupes d'enfants sourds pour les phonèmes, consonnes et voyelles – tâche de répétition de pseudo-mots. 188

Figure 2.7.6. a) Nombre de sonorisations total sur l'ensemble de la tâche pour les trois groupes d'enfants sourds en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE ; b) Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les sonorisations – tâche de répétition de pseudo-mots. 190

Figure 2.7.7. a) Nombre d'assourdissements total sur l'ensemble de la tâche pour les trois groupes d'enfants sourds, en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE ; b) Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les assourdissements – tâche de répétition de pseudo-mots. 191

Figure 2.7.8. a) Nombre de sur-nasalisations total sur l'ensemble de la tâche pour les trois groupes d'enfants sourds, en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE ; b) Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les sur-nasalisations – tâche de répétition de pseudo-mots. 192

Figure 2.7.9. a) Nombre de dénasalisations total sur l'ensemble de la tâche pour les trois groupes d'enfants sourds, en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE ; b) Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport la moyenne prédite par les NE pour les dénasalisations – tâche de répétition de pseudo-mots. 193

Figure 3.1.1. Diagramme en radar avec les écarts moyens par rapport à l'intervalle pour les cinq tâches expérimentales de la thèse et pour les trois groupes d'enfants sourds. 203

Figure 3.6.5.1. Soleil des voyelles de la Dynamique Naturelle de la Parole 240

Figure 3.6.5.2. Exemple de trace de peinture faite par un enfant. Ici le mouvement représentant un serpent correspond au phonème [s] et la couleur jaune correspond au phonème [u]. 241

Figure 3.6.5.3. Gestes de Borels-Maisonny. Images tirées du site internet « le chat-noir » (https://leblogdechatnoir.fr). 243

Figure 3.6.5.4. Exemple de phrase en Makaton soutenue par des pictogrammes pour développer les habiletés sociales de l'enfant. 244

Figure 3.6.5.5. Feuille de planification pour la lecture interactive (Levebvre, 2014). 246

LISTE DES TABLES

Table 1.2.1. Liste des outils et méthodes de communication susceptibles d'être utilisés par les professionnel·le·s en France avec les enfants sourds. 32

Table 1.2.2. Progrès observés et satisfaction des parents d'enfants sourds vis-à-vis des outils qu'ils utilisent – Table 1 de l'article 1. 48

Table 2.2.1. Score de décodage des enfants exposés à la LfPC à partir du test TERMO dans la modalité « lecture labiale + clés de la LfPC ». 92

Table 2.2.2. Informations sur l'âge chronologique des enfants normo-entendants pour les tâches de détection d'altérations phonologiques, de dénomination d'images, de répétition de pseudo-mots, d'empan verbal et d'empan visuo-spatial. Moyenne, écart-type (ET), médiane et l'écart interquartile (EI). 94

Table 2.2.3. Caractéristiques socio-démographiques des 45 enfants sourds porteurs d'implants cochléaires inclus dans les différentes études. 95

Table 2.2.4. Informations liées à l'exposition de la LfPC : fréquence d'exposition à la LfPC, précocité de l'exposition et lieux d'exposition. 97

Table 2.2.5. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche de détection d'altérations phonologiques. 98

Table 2.2.6. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche de dénomination d'images. 98

Table 2.2.7. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche de répétition de pseudo-mots. 98

Table 2.2.8. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche d'empan verbal. 98

Table 2.2.9. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche d'empan visuo-spatial. 99

Table 2.3.1. Socio-demographic information of children with cochlear implants – Table 1 de l'article 2. 110

Table 2.3.2. Chronological age and age at implantation in months for the 3 CI groups (minimum-maximum (mean; sd)) – Table 2 de l'article 2. 111

Table 2.3.3. Information about the frequency of Cued French use, the earliness of exposure to Cued French and the places of Cued French use – Table 3 de l'article 2. 112

Table 2.3.4. Summary of the stimuli used in the lexicality judgment task – Table 4 de l'article 2. 113

Table 2.3.5. Number of children outside the TH 95% prediction interval and distance from the TH prediction interval for each group – Table 5 de l'article 2. 121

Table 2.4.1.Informations relatives à l'âge chronologique, l'âge de la 1ère implantation cochléaire et le seuil auditif avec IC des enfants de l'échantillon – Table 1 de l'article 3. 139

Table 2.5.1. Chronological age and age at implantation in months for the 4 groups of participants (minimum-maximum (mean; sd)) – Table 1 de l'article 4. 155

Table 2.6.1. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB). Moyenne (Moy.), Écart-Type (ET), Médiane et Écart Interquartile (EI) – Table 1 de l'article 5. 170

Table 2.7.1. Proportion du nombre d'enfants avec des scores d'erreurs supérieurs à la borne supérieure de l'intervalle des NE, ainsi que les écarts moyens par rapport à la moyenne de cet intervalle pour les trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) – tâche de dénomination d'images. 184

Table 2.7.2. Proportion d'enfants avec des performances inférieures à la limite de l'intervalle des NE et écarts moyens par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) – tâche de répétition de pseudo-mots. 187

Table 3.1.1. Tableau récapitulatif avec les analyses statistiques des cinq tâches expérimentales : nombre d'enfants avec performances en-dessous de la borne inférieure de l'intervalle NE, résultats des tests de conformité par rapport aux NE, écarts moyens par rapport à l'intervalle NE et comparaisons multiples entre groupes (par souci d'homogénéité, les signes des écarts ont été inversés pour les tâches de dénomination d'images et de répétition de pseudo-mots). 202

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AVT : Auditory Verbal Therapy

CF : Cued French

CF+ : High level of Cued French proficiency

CF- : Low level of Cued French proficiency

CI : Cochlear Implant

CISIC : Centre d'Information sur la Surdité et l'Implant Cochléaire

Comm4CHILD : Communication for Children with Hearing Impairment to Optimise Language Development

CS : Cued Speech

DNP : Dynamique Naturelle de la Parole

EBP : Evidence-Based Practice

EI : Écart-Interquartile

ELO : Évaluation du Langage Oral

ET : Écart-Type

FCSC : Français Complet Signé et Codé

HAS : Haute Autorité de Santé

IC : Implant Cochléaire

LfPC : Langue française Parlée Complétée

LfPC+ : Haut niveau de décodage de la LfPC

LfPC- : Faible niveau de décodage de la LfPC

LEM : Langue en Mouvement

LSF : Langue des Signes Française

LSLS CertAVT® : Listening and Spoken Language Specialist Certified Auditory Verbal Therapy

MOY : Moyenne

NE : Normo-Entendant

ODEDYS : Outil de Dépistage des DYSlexies

TERMO : Test d'Évaluation de la Réception du Message Oral

TH : Typically Hearing

AVANT-PROPOS

Ce travail de recherche a été réalisé conjointement au sein du laboratoire de Neuro-Psychologie et Neuro-Cognition (LPNC) et du laboratoire de Grenoble Images Parole Signal Automatique (GIPSA-lab) et a été financé par le projet Comm4CHILD (Communication for Children with Hearing Impairment to Optimise Language Development). Il s'agit d'une initiative de recherche et d'innovation de l'Union Européenne, inscrite dans le cadre du programme Marie-Sklodowska-Curie, comprenant 15 projets de recherche répartis dans trois domaines : biologie, cognition et langage. Les objectifs du projet Comm4CHILD visent à améliorer la compréhension des facteurs sous-jacents à l'hétérogénéité de la surdité, à comprendre les facteurs prédicteurs des compétences linguistiques des enfants sourds et à développer de nouvelles méthodes d'intervention. Cette thèse s'inscrit plus particulièrement dans le volet dédié au « langage ».

Une partie du recueil et du traitement des données a été financée par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du projet EULALIES porté par Anne Vilain [ANR-19-CE28-0016].

Mes études de logopédie (orthophonie) à l'Université Libre de Bruxelles (Belgique), ainsi que mon stage clinique au Centre Comprendre et Parler[1] (à Bruxelles) m'ont fait découvrir le monde de la surdité et m'ont sensibilisée à ces enjeux sur le développement cognitif et langagier des enfants. J'ai eu l'opportunité de travailler avec des enfants sourds, chacun ayant des projets linguistiques et des trajectoires développementales uniques. Mon mémoire de master, qui portait sur l'organisation du lexique sémantique et phonologique chez des enfants sourds signants et oralistes (encadré par Jacqueline Leybaert), m'a par ailleurs permis d'acquérir des premières connaissances scientifiques concernant la surdité. Ces compétences cliniques et scientifiques ont fait émerger des questionnements scientifiques et m'ont amenée à entreprendre une thèse portant sur le développement de la parole et des compétences phonologiques des enfants sourds.

Cette thèse, présentée sous un format par articles, a donné lieu à cinq articles soumis ou publiés à un comité de lecture. Elle est rédigée en utilisant l'écriture inclusive[2].

[1] Centre de Réadaptation Fonctionnelle pluridisciplinaire fondé en 1965 par le Docteur Olivier Périer et des parents d'enfants sourds ou malentendants.

[2] Les termes « parents » et « enfants » sont restés au masculin neutre dans toute la thèse par souci de clarté. Les articles 1 et 5 de cette thèse n'utilisent pas l'écriture inclusive.

Le premier article, en français, sera soumis dans la revue ANAE (Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant). Un numéro spécial, coordonné par Laura Machart, Hélène Lœvenbruck, Anne Vilain, et moi-même, portant sur le développement du langage (oral et écrit) des enfants sourds, est en préparation.

Le deuxième article, rédigé en anglais, a été publié le 12 mai 2023 dans le journal *Frontiers in Human Neurosciences* dans le cadre d'un numéro spécial « *Collection on Cochlear Implantation and Speech Perception* ».

Les troisième et quatrième articles sont des actes de conférences publiés dans le cadre de la conférence UNADREO à Paris (30 novembre – 1er décembre 2023) et de la conférence ICPhS à Prague (7 – 11 août 2023), rédigés respectivement en français et en anglais.

Enfin, le cinquième article, rédigé en français, sera soumis à la Revue de Neuropsychologie.

INTRODUCTION

La prise en charge de la surdité prélinguistique chez l'enfant représente un enjeu de santé publique majeur (Machart et al. 2022), ainsi que des enjeux idéologiques (Vincent-Durroux, 2014). En effet, elle peut avoir des conséquences sur le développement langagier et cognitif de l'enfant, mais également sur son développement psychologique et social.

Les parents sont amenés à faire des choix importants dès l'annonce du diagnostic de surdité, notamment en ce qui concerne le développement linguistique de leur enfant et les modalités de communication à mettre en place. Certains parents choisissent de développer avec leur enfant la langue vocale, qui est, dans 95% des cas, leur langue maternelle (Hall et al. 2019), tandis que d'autres privilégient l'usage de la langue des signes, qui est entièrement accessible pour les enfants sourds.

En plus de choisir le mode de communication qu'ils désirent mettre en place à la maison, les parents doivent également prendre la décision de permettre ou non à leur enfant d'avoir accès aux informations auditives par le biais de prothèses auditives ou d'implants cochléaires. L'implant cochléaire est une technologie de réhabilitation auditive qui permet à l'enfant sourd de compenser ses difficultés auditives, sans toutefois lui rendre une audition normale. En effet, des difficultés langagières et cognitives persistent malgré l'implant cochléaire (Geers et al., 2016).

Cette thèse porte sur le développement de la langue vocale, de la parole et de la mémoire de travail chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Nous n'aborderons pas le développement de la langue des signes, car ce travail se concentre plus particulièrement sur les compétences développées dans la modalité vocale.

Le développement de la parole dans le cadre de la surdité est un phénomène complexe. De nombreux travaux ont étudié la perception et la production de parole chez les enfants et adolescents avec une surdité profonde prélinguistique (Vincent-Durroux, 2014 ; Machart, 2022 ; Niparko et al., 2010; Pisoni et al. 2018). La plupart de ces études indiquent que les performances en perception et en production de parole chez les enfants sourds sont déficitaires et très hétérogènes, étant donné que de nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer les résultats (âge du diagnostic, âge d'implantation, type d'aides auditives, investissement parental, mode et outil de communication utilisés à la maison, etc.) (van Wieringen & Wouters, 2015).

La **première partie** de ce manuscrit présentera le contexte théorique et la problématique de la thèse. Nous examinerons les différents types de réhabilitation auditive, puis les principes généraux de la prise en charge orthophonique de l'enfant sourd et l'importance de l'accompagnement parental. Nous présenterons le premier article de cette thèse qui recense l'usage des outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds par les professionnel·le·s et les parents d'enfants sourds. En effet, il existe en clinique une diversité considérable d'outils et de méthodes et il est difficile d'obtenir des données précises et chiffrées concernant leur utilisation en France. La première étude de cette thèse a donc visé à quantifier, grâce à un questionnaire adressé aux professionnel·le·s de la surdité et aux parents d'enfants sourds, les outils et méthodes réellement utilisés en France, et le degré de satisfaction des utilisateur·rice·s à propos de ces outils. Les conclusions de cette première étude nous ont conduites à focaliser notre travail sur deux approches théoriques divergentes pour soutenir le développement de la parole des enfants sourds : les théories du renforcement de l'audition et les théories multimodales. Ces deux approches théoriques ont produit deux outils thérapeutiques, l'*Auditory Verbal Therapy* et la Langue française Parlée Complétée, qui seront détaillées dans cette première partie de thèse, ainsi que les données scientifiques existantes démontrant leurs bénéfices pour le développement de la parole et de la mémoire de travail. En effet, bien que ces deux approches partagent un objectif commun, elles se distinguent par leur principe de fonctionnement. La première utilise le renforcement auditif, tandis que la deuxième utilise la multimodalité de la parole en impliquant les modalités auditives et visuelles, et l'évaluation des apports de deux méthodologies aussi contrastées constitue donc un sujet scientifique et clinique important.

La **deuxième partie** présentera notre travail expérimental sur les apports de ces deux approches pour soutenir le développement de la parole et de la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale des enfants sourds. Après avoir détaillé la méthodologie utilisée, nous exposerons trois articles mesurant différents aspects de la parole (perception de parole, production de mots familiers et production de pseudo-mots), puis un article portant sur la mémoire de travail (verbale et visuo-spatiale). Nous présenterons ensuite les différentes analyses supplémentaires réalisées après la publication des articles. Ces différentes études nous permettront d'explorer les potentiels bénéfices de ces deux approches

Enfin, dans la **troisième partie**, après une synthèse et une discussion des principaux résultats obtenus dans les cinq études expérimentales, nous discuterons des limites de ce travail, ainsi que des apports théoriques, cliniques et sociétaux. Nous terminerons ce manuscrit en y exposant des perspectives pour les recherches futures.

Cette thèse se situe donc dans un projet de « pratique fondée sur les preuves scientifiques » ou « *Evidence-Based Practice* » (EBP) puisqu'il s'agit de produire des données issues de la recherche destinées à être utilisables lors de la mise en place des approches de rééducation langagière. Elle a pour objectif de renforcer le lien entre la recherche et les recommandations pédagogiques et orthophoniques, et de fournir des preuves scientifiques aux professionnel·le·s et aux familles, afin qu'elles puissent prendre des décisions éclairées quant à la mise en place d'un outil ou d'une méthode de communication à la maison.

I. CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET PROBLEMATIQUE

1. Réhabilitation auditive et développement de la parole et de la mémoire de travail

1.1. Dispositifs de réhabilitation auditive

Les modalités de la réhabilitation auditive dépendent de la sévérité et de l'atteinte de la surdité. Le système auditif périphérique est composé de trois parties (cf. Figure 1.1.1) :

- L'oreille externe (en orange) : constituée du pavillon et du conduit externe, elle permet notamment de collecter l'information sonore, de l'amplifier et de l'envoyer sous forme de vibrations dans le conduit auditif, au niveau du tympan.
- L'oreille moyenne (en vert) : composée du tympan et de la chaine des osselets, elle permet d'amplifier les vibrations aériennes et de les transmettre à l'oreille interne.
- L'oreille interne (en rouge) : composée de la cochlée et du vestibule, elle permet de transformer le signal sonore en un signal nerveux interprétable par le cerveau (Simon et al., 2009).

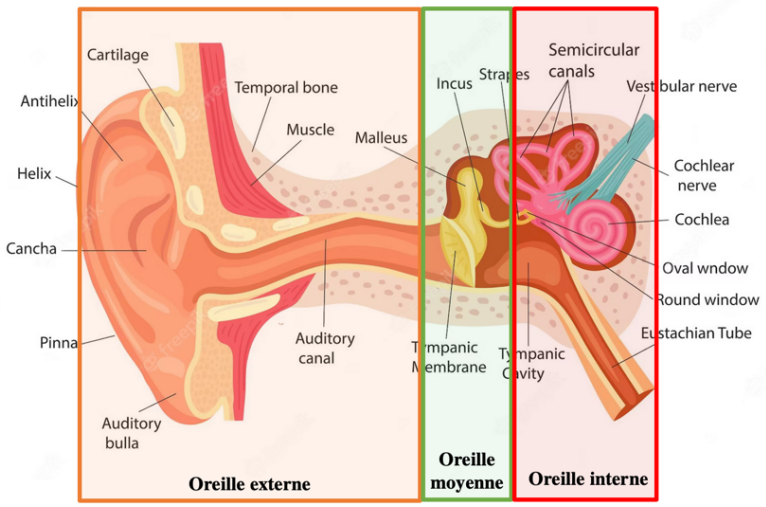


Figure 1.1.1. Schéma de l'oreille - Anatomie du système auditif

La surdité peut se manifester sous différentes formes, en fonction de l'emplacement anatomique de l'atteinte. Une surdité de transmission se caractérise par une atteinte de l'oreille externe ou moyenne, tandis qu'une surdité de perception se caractérise par une atteinte de l'oreille interne. La surdité est généralement classée selon le degré de la perte auditive (mesuré en décibels, dB). On parle de perte d'audition lorsqu'une personne n'est pas capable d'entendre aussi bien qu'une personne ayant une audition normale, le seuil étant au minimum de 25 dB dans les deux oreilles (définition officielle de l'Organisation Mondiale de la Santé). Il existe une classification basée sur l'estimation de la perte auditive moyenne en audiométrie tonale :

- Surdité légère : de 20 à 39 décibels de perte auditive
- Surdité moyenne : de 40 à 69 décibels de perte auditive
- Surdité sévère : de 70 à 89 décibels de perte auditive
- Surdité profonde : de plus de 90 décibels de perte auditive

Après avoir identifié le type de surdité et le degré de surdité, différentes options d'aides auditives peuvent être proposées aux personnes sourdes pour améliorer leurs compétences auditives.

Lorsque l'oreille externe ou moyenne est atteinte, la réhabilitation de l'audition se fera généralement grâce à des prothèses auditives. Cependant, dans les cas de surdités touchant l'oreille interne, il est possible de recourir à des implants cochléaires. Ces orientations thérapeutiques sont décidées suite à une évaluation multidisciplinaire (Bouccara et al., 2005). Ainsi, en fonction de l'étiologie de la surdité et de son retentissement, l'équipe médicale spécialisée (composée généralement d'un·e médecin ORL, d'un·e audioprothésiste et d'un·e orthophoniste) peut recommander trois types de dispositifs (Borel & Leybaert, 2020) :

- Les dispositifs à conduction aérienne (prothèses auditives ou implants de l'oreille moyenne)
- Les dispositifs à conduction osseuse (prothèses BAHA ou prothèses vibrotactiles)
- Les dispositifs par stimulation électronique (implant cochléaire)

L'arrivée du dépistage systématique néonatal de la surdité en France en 2012 a permis une détection de la perte auditive plus précoce chez les nourrissons et, de ce fait, une prise en charge ORL, orthophonique et audiologique plus précoce. Aux États-Unis, le *Joint Committee on Infant Hearing* (JCIH) préconise le dépistage systématique de l'audition chez les nourissons avant l'âge d'un mois, le diagnostic de la perte auditive avant l'âge de trois mois et une intervention précoce avant l'âge de six mois. Ces recommandations s'appellent « les lignes directrices sur la détection et l'intervention précoces en matière d'audition 1-3-6 » (« *The Early Hearing Detection and Intervention »*, EHDI 1-3-6) (Yoshinaga-Itano, 2017).

1.1.1. Dispositifs à conduction aérienne et osseuse

Plusieurs types d'aides auditives peuvent être mises en place pour permettre à l'enfant d'entendre certains sons et développer le langage parlé. Il existe ainsi deux grandes catégories de prothèses auditives : celles qui reposent sur la conduction aérienne et celles basées sur la conduction osseuse.

Concernant les **dispositifs utilisant la conduction aérienne**, il existe des prothèses auditives amplificatrices et des implants de l'oreille moyenne. Ces dispositifs sont utilisés en cas de surdité de transmission, c'est-à-dire, lorsque l'atteinte se situe au niveau de l'oreille externe ou moyenne.

Les prothèses auditives sont des appareils externes et amovibles qui se fixent au niveau du pavillon de l'oreille. Elles comprennent un microphone, un convertisseur analogique-numérique pour transformer le signal en un format binaire, un microprocesseur pour le traiter, et un convertisseur numérique-analogique pour le rendre à nouveau audible.

En revanche, les implants de l'oreille moyenne sont composés d'une partie interne non amovible qui nécessite une intervention chirurgicale, ainsi qu'une partie externe amovible placée sur le pavillon de l'oreille, similaire à une prothèse auditive conventionnelle. Le but de l'implant de l'oreille moyenne est d'amplifier la vibration des osselets pour améliorer la fonction de transfert de l'oreille moyenne à la cochlée (Leybaert & Borel, 2020).

Les **dispositifs à conduction osseuse** sont également utilisés en cas de surdité de transmission ou pour la restauration d'une audition pseudo-binaurale en cas de surdité unilatérale. Après avoir capté le signal sonore à l'aide d'un microphone, le processeur traite le signal en et le transmet par un vibrateur qui utilise la conduction osseuse pour acheminer le son directement à la cochlée. Ainsi, l'onde acoustique stimule directement l'os crânien. L'utilisation de ce dispositif implique que l'oreille interne soit fonctionnelle pour traiter le son (Leybaert & Borel, 2020).

Cependant, les dispositifs par conduction aérienne ou osseuse se révèlent inefficaces lorsque les seuils cochléaires sont trop élevés ou que la distorsion du son est trop importante. En effet, ces dispositifs sont préconisés lorsque l'oreille interne (la cochlée) est fonctionnelle et que l'atteinte de la surdité se situe principalement au niveau de l'oreille externe ou moyenne. Pour certaines personnes, le signal auditif transmis par les dispositifs à conduction aérienne et osseuse n'est pas suffisamment performant pour développer des compétences adéquates en communication orale, et ce, en dépit des améliorations et des innovations technologiques en amplification. Cela concerne particulièrement les cas de surdités neurosensorielles[3] sévères à profondes. Dans de tels cas, l'utilisation d'un implant cochléaire peut être recommandée. Ce dispositif est réservé aux personnes sourdes ayant un nerf auditif fonctionnel. À l'heure actuelle, de plus en plus de personnes font le choix de l'implant cochléaire, car cette

[3] atteinte de la cochlée (oreille interne) ou du nerf auditif

technologie est de plus en plus performante. Ainsi, 80 % des enfants nés sourds dans les pays développés sont munis d'un implant cochléaire (Humphries et al., 2012) et plus de 220.000 personnes dans le monde bénéficient d'au moins un implant cochléaire en 2020, dont plus de 15.000 en France (CISIC, 2020). Cette technologie joue donc un rôle crucial dans l'amélioration de la qualité de vie des personnes atteintes de surdité sévère à profonde.

1.1.2. Dispositif par stimulation électronique : l'implant cochléaire

L'implant cochléaire comprend deux parties : une partie interne (l'implant) et une partie externe amovible. La partie implantée est composée d'un boîtier et d'un faisceau d'électrodes inséré chirurgicalement dans la rampe tympanique, par un chirurgien ORL. Ces électrodes sont insérées dans la cochlée, qui est l'organe sensoriel de l'audition. La partie externe est composée d'un microphone, d'un processeur vocal et d'une antenne aimantée.

La Figure 1.1.2 ci-dessous illustre le fonctionnement de l'implant cochléaire en cinq étapes. Ainsi, l'implant cochléaire est un dispositif électro-acoustique qui capte le signal acoustique grâce au microphone du processeur (1). Les informations sonores sont ensuite digitalisées, analysées et transformées en signal digital et sont envoyées au processeur vocal (2). Celui-ci envoie le code à travers la peau à l'implant interne et convertit les signaux en impulsions électriques (3). Ensuite, les signaux électriques sont transmis aux électrodes pour stimuler les fibres résiduelles du nerf auditif depuis la cochlée (4). Les impulsions électriques créées via les électrodes vont alors jouer le rôle des cellules ciliées défaillantes, voire absentes, en stimulant le nerf auditif. Pour finir, le nerf auditif transmet alors ces impulsions nerveuses aux aires auditives du cerveau qui les interprètent comme des sons (5).

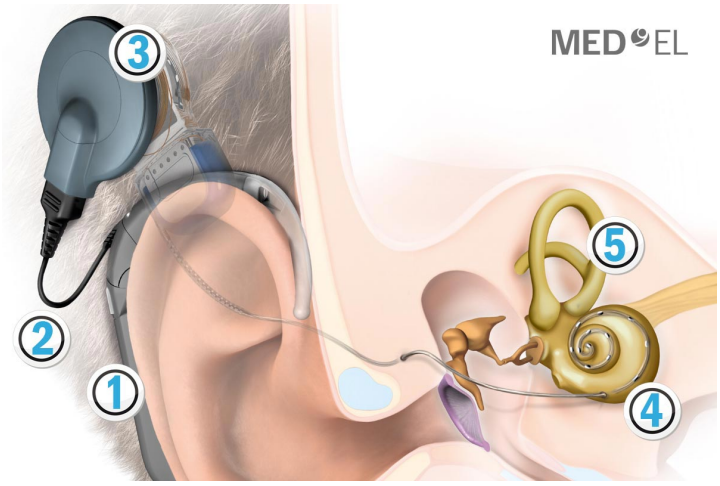


Figure 1.1.2. Fonctionnement de l'implant cochléaire, tiré du site internet du fabricant MedEl

L'implant cochléaire fonctionne sur le même principe que la cochlée, mais d'une manière plus grossière et plus limitée. Le nombre d'électrodes de l'implant varie de 12 à 22 selon les systèmes. La position des électrodes est disposée selon la tonotopie cochléaire, couvrant une gamme de fréquences de 100 Hz à 8 000 Hz (Matagne et al., 2020). En conséquence, l'électrode la plus proche de la base de la cochlée code pour la gamme de fréquences les plus aiguës, tandis que celle qui se trouve la plus proche de l'apex de la cochlée code pour les fréquences les plus basses. L'implant cochléaire permet donc la stimulation directe du nerf auditif, offrant ainsi l'accès aux sons de la parole et aux bruits environnants.

Cependant, si l'implant cochléaire permet la perception de certains sons, le cerveau doit acquérir une capacité à les analyser et interpréter les impulsions électriques produites par celui-ci. Le succès d'une implantation cochléaire dépend donc du bon fonctionnement de l'activité des neurones auditifs. De plus, dans certains cas de surdité, des malformations de la cochlée rendent impossible la mise en place d'un implant cochléaire.

Les implants cochléaires sont donc préconisés en cas de surdité neurosensorielle sévère à profonde, sans atteinte du nerf auditif. Dans les cas de surdité profonde, l'implantation cochléaire est indiquée lorsque le gain prothétique ne permet pas le développement du langage. Dans le cas d'une surdité sévère, l'implantation cochléaire est indiquée lorsque la discrimination auditive est inférieure ou égale à 50 % lors de la réalisation de tests d'audiométrie vocale à 60 dB, avec des prothèses auditives adaptées à l'enfant (HAS, 2012). L'audiométrie vocale détermine la compréhension du langage ainsi que les capacités de discrimination auditive, contrairement à l'audiométrie tonale qui ne donne que les seuils auditifs absolus de perception de sons tonaux. Ainsi, l'audiométrie vocale vient compléter l'audiométrie tonale et permet de mesurer l'intelligibilité de la personne. Il est important de préciser que l'implant cochléaire est préconisé si la personne n'a pas tiré profit des prothèses auditives classiques et que le choix du mode de communication est l'oralisme. Les candidats pour l'implant cochléaire doivent être motivés à suivre des séances de rééducation auditive et langagière. Concernant les enfants, il est primordial de garantir la présence, la motivation et l'implication des parents tout au long du processus de rééducation.

1.2. Implant cochléaire et développement de la parole

1.2.1. Contribution de l'implant cochléaire sur le développement cérébral

Une surdité à long terme peut avoir des conséquences considérables sur la réorganisation neurologique. En effet, lorsque l'apport d'une modalité sensorielle n'est pas disponible (ici,

l'audition), les régions du cerveau qui servent normalement à cette modalité pourraient être réorganisées et colonisées par une autre modalité (par exemple, les aires visuelles) (Harrison et al., 2001 ; Kral et al., 2002 ; Kral & Sharma, 2012 ; Sharma et al., 2002, 2005, 2009 ; Sharma & Campbell, 2010 ; Sharma et al., 2014). Ainsi, la déprivation auditive pourrait entrainer une réorganisation des aires corticales auditives (Neville et al., 1983). Dans ce contexte, les implants cochléaires (ainsi que les aides auditives) sont très importants pour stimuler le cerveau auditif et empêcher la colonisation des aires auditives par les processus visuelles (Flexer, 2011). De plus, l'implant cochléaire joue un rôle dans la réorganisation cérébrale de certaines fonctions cognitives. En effet, étant donné qu'aucune partie du cerveau ne fonctionne de manière isolée, la perte ou la restauration du système auditif influence également le développement d'autres fonctions cognitives d'ordre supérieur (par exemple, la mémoire de travail, la mémoire déclarative, l'attention ou encore les fonctions exécutives) (Kronenberger et al., 2014). Il existe donc, au cours du développement, une interaction dynamique et réciproque entre le langage, les expériences sensorielles et les fonctions neurocognitives. Ce phénomène est illustré par Kral et al. (2016) par le concept de « connectome neural ». Les auteur·e·s définissent un connectome comme une « *carte du réseau des connexions synaptiques efficaces et des projections neuronales qui composent un système nerveux et façonnent sa communication globale et ses fonctions d'intégration* ». Le développement de ce connectome dépend de la stimulation sensorielle que les enfants reçoivent au cours de leurs deux ou trois premières années de vie. Dans ce contexte, si une perte sensorielle auditive survient précocement, les réseaux neuronaux auditifs, qui contribuent à la formation du connectome auditif, se développent de manière atypique et forment des connexions atypiques avec les autres fonctions cognitives de haut niveau (mémoire déclarative explicite, orientation spatiale, attention, mémoire de travail et fonctions exécutives) (cf. Figure 1.1.3). Ce modèle suggère que les conséquences de la perte auditive et de la restauration de l'audition grâce à l'implant cochléaire auront un impact sur d'autres fonctions cognitives, ce qui pourrait expliquer les différences individuelles et la variabilité des résultats langagiers chez les enfants porteurs d'implants cochléaires (Kral et al., 2016).

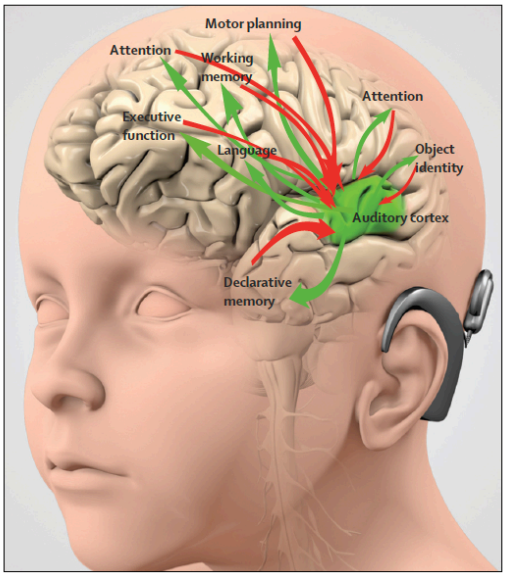


Figure 1.1.3. Composante auditive du connectome neuronal issu de l'article de Kral et al. (2016) qui illustre les interactions du cortex auditif avec d'autres fonctions cognitives

Par ailleurs, pour permettre la maturation de certaines fonctions cognitives, comme les compétences auditives, il faut que la stimulation acoustique soit précoce, adéquate et fréquente. Selon les chercheur·e·s, les aires auditives du cerveau atteignent leur plasticité optimale durant la petite enfance (Sharma, Dorman et Spahr, 2002). En effet, les structures cérébrales se développent au cours des trois premières années de la vie et c'est à ce moment-là que l'acquisition du langage et d'autres fonctions cognitives sont les plus sensibles. Dans ce contexte, une implantation cochléaire pendant cette période sensible permettrait une meilleure maturation corticale du système auditif (Kral & Sharma, 2012). La « période sensible » du cortex auditif s'étend de la naissance à environ 3.5 ans, puis se referme progressivement, disparaissant généralement vers l'âge de 8 à 9 ans (parfois un peu plus tard) (Werker & Hensch, 2015). Sharma et al (2002) ont étudié les potentiels évoqués auditifs (PEA) chez 231 enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. L'utilisation des PEA corticaux permet ainsi de déterminer de manière non invasive l'état de maturation du cortex auditif. Classiquement, les PEA sont composés de deux ondes négatives (P1 et P2) et deux ondes positives (N1 et N2). Dans cette étude, les chercheur·e·s ont examiné la latence P1, composante électrophysiologique qui reflète les processus précoces de traitement sensoriel dans le cerveau et permet d'objectiver une audition anormale. Les auteur·e·s ont montré que les enfants qui recevaient une implantation cochléaire précoce (dans ce contexte, 3.5 ans) avaient des latences P1 normales, tandis que les enfants qui recevaient une implantation cochléaire plus tardive (vers l'âge de 7 ans) avaient des latences de réponse corticale anormales (cf. Figure 1.1.4). Les enfants implantés entre 3.5 et 7 ans présentaient des latences de réponse très

variables (Sharma et al., 2002, 2005, 2007). Ainsi, la maturation des PEA corticaux dépend de l'âge d'implantation des enfants ayant une surdité congénitale (Kral & Sharma, 2012).

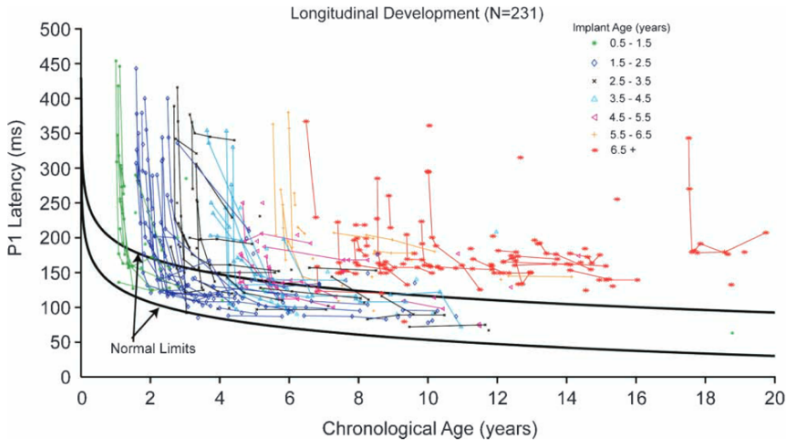


Figure 1. Individual developmental trajectories for cortical response latencies in cochlear-implanted children compared to the 95% confidence intervals for normal development of P1 latency (solid lines). Response latencies for individual subjects measured at various time points after implantation are connected by a solid line.

Figure 1.1.4. Trajectoires individuelles de développement des latences de réponse corticale chez les enfants porteurs d'implants cochléaires. Figure issue de l'article de Kral & Sharma (2012).

1.2.2. Perception de parole des enfants avec implants cochléaires

Contrairement aux adultes qui perdent l'audition après l'acquisition d'une première langue, les enfants qui naissent avec une surdité et qui reçoivent des implants cochléaires doivent acquérir le langage et la parole à partir des signaux fournis par ces implants. Cependant, même si les résultats de l'implantation cochléaire sont encourageants, les informations auditives envoyées par l'implant cochléaire jusqu'au nerf auditif contiennent uniquement les variations lentes de l'amplitude de l'enveloppe (variation d'amplitudes globales du signal), ce qui a pour conséquence de transmettre des informations auditives dégradées (Leybaert et LaSasso 2010). La structure temporelle fine y est donc absente, ce qui peut limiter certains aspects de la perception de la parole et impacter l'écoute et la compréhension dans le bruit (Lorenzi et al., 2006). Par ailleurs, même si l'implant cochléaire respecte la tonotopie de la cochlée, chaque électrode (environ une vingtaine) stimule un ensemble de fréquences, ce qui signifie qu'elle sollicite un groupe de cellules nerveuses, en contraste avec les cellules ciliées (environ 3000) qui codent chacune pour une fréquence unique. En conséquence, la récupération auditive et la qualité du signal sonore sont directement liées au nombre d'électrodes activées. Cependant, le nombre d'électrodes activées peut varier considérablement d'un modèle d'implant à l'autre, ainsi que d'un patient à l'autre, entraînant une variabilité importante de l'efficacité de l'implant cochléaire et de la récupération auditive

(Grandon, 2016). Dans ce contexte, les personnes porteuses d'implants cochléaires ont plus de difficultés à suivre une conversation dans le bruit et à percevoir de manière précise la musique et les différences phonologiques subtiles, comme le voisement ou le lieu d'articulation (Pisoni, 2000). Enfin, des difficultés au niveau de la segmentation de la parole continue ont également été mises en évidence dans l'étude de Basirat (2017).

Au cours des dernières années, plusieurs études longitudinales ont été menées dans le monde entier pour mesurer les compétences langagières des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires et étudier l'effet d'une implantation précoce (Colletti et al., 2005; Geers, 1997; Holt & Svirsky, 2008; Lee & van Hasselt, 2005; Manrique et al., 2004; Miyamoto et al., 2008; Nicholas & Geers, 2006; Niparko et al., 2010). Dans la plupart de ces études, des batteries de tests de parole et de langage ont été administrées à différents moments après l'implantation, afin d'étudier le développement des compétences vocales et linguistiques des enfants sourds (Tamati et al., 2022). L'étude longitudinale de Geers et Hayes (2011) montre que l'intelligibilité de la parole, les compétences en perception de parole, les habiletés langagières et les performances en lecture sont plus élevées chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires, comparés aux enfants sourds avec des appareils auditifs conventionnels (Geers & Hayes, 2011). Cependant, les résultats sont très hétérogènes et il existe une grande variabilité concernant la perception de parole des enfants et des adultes porteurs d'implants cochléaires (Pisoni et al., 2018). En effet, l'étude longitudinale de Niparko et ses collaborateurs (2010) a analysé les compétences en parole et en langage d'enfants ayant reçu un implant cochléaire avant l'âge de cinq ans. Les résultats montrent également que les trajectoires individuelles de développement de la parole et du langage sont très hétérogènes (Niparko et al., 2010). Malgré de nombreuses recherches sur la source de cette variabilité, il demeure difficile de déterminer quels sont les facteurs prédictifs d'un niveau langagier adéquat post-implantation (van Wieringen & Wouters, 2015).

De nombreuses études s'accordent, tout de même, sur le fait que l'âge d'implantation est un facteur déterminant du développement de la parole des enfants sourds. En effet, malgré des difficultés langagières persistantes chez les enfants porteurs d'implants cochléaires, de nombreux travaux ont montré un effet bénéfique de l'implantation précoce sur le développement de la parole et du langage (Geers et al., 2016; Nittrouer et al., 2018). Cependant, il n'existe pas de consensus précis au sujet de l'âge d'implantation optimal. Certain·e·s auteur·e·s montrent des effets bénéfiques d'une implantation avant 36 mois (Lee & van Hasselt, 2005; Niparko et al., 2010; Nittrouer et al., 2018; Wu et al., 2006) ou 24 mois (Anderson et al., 2004; Manrique et al., 2004; Miyamoto et al., 2008; Nicholas & Geers,

2006; Machart et al. 2022), d'autres préconisent une implantation avant 18 mois (Geers et al., 2016; Hassanzadeh et al., 2002; McConkey Robbins et al., 2004; Sainz et al., 2003), tandis que d'autres encore ont montré qu'une implantation avant 12 mois était le plus efficace pour le développement de la parole et du langage (Ching et al., 2013; Dettman et al., 2011; Holt & Svirsky, 2008; Lesinski-Schiedat et al., 2004; Colletti et al., 2011).

Outre la précocité de l'implant cochléaire, d'autres facteurs peuvent jouer un rôle significatif dans la variabilité des résultats chez les enfants sourds profonds. Parmi ces facteurs, la présence de troubles associés à la surdité, le type d'implantation (unilatérale ou bilatérale) et le type de prise en charge orthophonique sont susceptibles d'influencer les résultats langagiers des enfants porteurs d'implants cochléaires. En effet, certains enfants sourds peuvent présenter des troubles associés à la surdité, tels que des difficultés d'apprentissage, des troubles du spectre autistique, ou des déficits cognitifs. Ces troubles peuvent impacter les compétences linguistiques des enfants porteurs d'implants cochléaires et peuvent également influencer leur capacité à bénéficier pleinement de la récupération auditive via l'implant cochléaire. Par ailleurs, des recherches ont montré qu'une implantation cochléaire bilatérale présente des avantages pour le développement de la parole, comparée à une implantation cochléaire unilatérale (Litovsky et al., 2006 ; Scherf et al., 2009). De plus, la condition bimodale, qui combine l'utilisation d'un implant cochléaire sur une oreille et d'une aide auditive sur l'autre oreille, permet généralement d'obtenir de meilleures performances auditives par rapport à l'utilisation d'un seul implant cochléaire (Ching et al., 2007, 2014 ; Litovsky et al., 2006). Cette condition bimodale est importante pour permettre la localisation spatiale des sons.

Comme mentionné plus haut, la perception de la parole est généralement moins précise chez les enfants porteurs d'implants cochléaires, comparée aux enfants normo-entendants (Geers, 2003 ; Geers et al., 2016). L'étude de Medina et Serniclaes (2009) a montré que les enfants porteurs d'implants cochléaires âgés de 6 à 11 ans discriminaient moins bien les voyelles et les consonnes que les enfants normo-entendants appariés en fonction de leur âge chronologique. Pour les voyelles, les difficultés de perception étaient plus marquées pour le contraste de nasalité que pour l'ouverture et le lieu d'articulation. En ce qui concerne les consonnes, les difficultés étaient plus importantes pour le lieu d'articulation que pour la nasalité, le mode d'articulation et le voisement (Medina & Serniclaes, 2009). L'étude de Bouton et al. (2012) vise à répliquer ces résultats en mesurant les compétences d'identification et de discrimination phonémique des enfants porteurs d'implants cochléaires, comparés aux enfants NE. Les résultats ont révélé des différences sur la perception

catégorielle entre les deux groupes d'enfants, tant pour les consonnes que les voyelles. Ces différences étaient plus marquées pour le contraste de nasalité et le lieu articulatoire, tandis que les différences étaient moins prononcées en ce qui concerne le contraste de voisement. Les auteur·e·s expliquent les difficultés de perception liées aux traits de nasalité et de lieu d'articulation par le fait que ces traits seraient encodés par la structure temporelle fine du signal (caractérisée par des changements rapides de fréquence), une composante généralement non transmise par l'implant cochléaire. En revanche, les traits de voisement et de mode d'articulation, portés par l'enveloppe temporelle du signal et ainsi caractérisés par les variations lentes d'amplitude du signal, sont supposés être mieux codés par l'implant cochléaire (Bouton et al., 2012).

D'autres recherches ont corroboré les difficultés de perception liées au contraste de nasalité. En effet, Fagniart et al. (2020) ont étudié la perception des voyelles nasales chez les enfants porteurs d'implants cochléaires, tandis que Borel et al. (2015) ont examiné la perception des consonnes et voyelles nasales chez les adultes sourds. Les résultats de ces deux études ont montré que les adultes et les enfants sourds avaient des difficultés à discriminer et à identifier le contraste de nasalité (Borel, 2015 ; Fagniart et al., 2020). Enfin, l'étude de Borel et al. (2019) a révélé que les voyelles nasales étaient significativement moins bien perçues que les voyelles orales. Dans cette étude, les voyelles nasales étaient souvent confondues avec des voyelles orales, plutôt qu'entre elles. En revanche, les consonnes nasales étaient correctement identifiées comme telles, bien que des confusions au niveau du lieu d'articulation aient été observées (par exemple, la consonne [n] a été confondue avec la consonne [m]) (Borel et al., 2019).

En conclusion, ces différents travaux montrent que l'implant cochléaire seul ne permet pas une restauration complète de l'audition et entraine des difficultés au niveau de la perception de parole. Étant donné que les informations perceptives fournissent les cibles de la production de parole, des difficultés de production de parole peuvent également se retrouver chez les enfants porteurs d'implants cochléaires.

1.2.3. Production de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires

Plusieurs études utilisant des évaluations perceptives (transcriptions ou annotations effectuées à partir de jugements perceptifs) ont été menées pour mesurer la production de parole des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. La plupart de ces études ont démontré la présence de difficultés dans la production de la parole chez ces enfants (Kim & Chin, 2008 ;

Sundarrajan et al., 2019; Sundström et al., 2018). Plus précisément, des difficultés ont été retrouvées dans la production du contraste de voisement (Bouton et al., 2012), du mode d'articulation (Kim & Chin, 2008 ; Grandon & Vilain, 2020) et du lieu d'articulation (Grandon, 2016; Grandon & Vilain, 2020). De plus, les études de Sundarrajan et al. (2020) ainsi que de Fagniart et al. (2020) mettent en évidence des difficultés spécifiquement liées à la production du trait de nasalité. Par ailleurs, l'étude longitudinale de Warner-Czyz & Davis (2008) a montré que, malgré certaines différences constatées dans les premiers temps d'utilisation de l'implant cochléaire, la trajectoire développementale pour l'acquisition des consonnes est similaire chez les enfants porteurs d'implants cochléaires par rapport aux enfants normo-entendants. Les différences au niveau de la production du mode et du lieu d'articulation tendent à se combler lorsque la durée d'utilisation de l'implant cochléaire augmente (Warner-Czyz & Davis, 2008). Ces résultats sont en accord avec l'étude de Bouchard et al. (2007) et de Chin & Pisoni (2000), qui ont mis en évidence que le développement phonologique des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires est similaire, mais plus tardif que celui d'enfants normo-entendants. Bouchard et al. (2007) ont également noté que les consonnes les mieux produites sont celles qui sont les plus visibles labialement, ce qui diffère des résultats de l'étude de Chin & Pisoni (2000), qui ont obtenu des résultats similaires pour les consonnes visibles et non visibles. Par ailleurs, dans une tâche de dénomination d'images, Geffner (1980) a montré que les consonnes latérales, voisées et labiales sont les consonnes les mieux produites par les enfants sourds âgés de six ans. En effet, les consonnes [p], [b] et [f] sont plus justes et moins omises que les consonnes [g], [k] et [ŋ], ce qui confirme l'influence de la visibilité labiale des consonnes sur la production de parole (Geffner, 1980). Enfin, lors d'une tâche de répétition de pseudo-mots (compétence qui implique la perception et la production de parole), plusieurs études ont montré que les enfants porteurs d'implants cochléaires avaient des performances en dessous des normes attendues pour leur âge (Dillon et al., 2004 ; Hansson et al., 2018; Nittrouer et al., 2014 ; Wass, 2009). En effet, dans l'étude de Dillon et al. (2004), les auteur·e·s ont montré que les scores individuels des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires étaient très hétérogènes et variaient de 1% à 76%. Des difficultés spécifiques ont été observées concernant les consonnes labiales et dorsales. Enfin, dans l'étude de Hansson et al. (2018), environ 73% des enfants porteurs d'implants cochléaires étaient considérés comme présentant un risque de troubles du langage (écart-type en dessous de -1.25 des normes attendues), et 46% comme présentant des déficits langagiers (écart-type en dessous de -2). Ces résultats soulignent la grande diversité des profils linguistiques rencontrés chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires.

Dans l'ensemble, les études perceptives sur la production de parole montrent que les enfants porteurs d'implants cochléaires ont des compétences en production de parole inférieures à celles des enfants normo-entendants. Certain·e·s auteur·e·s interprètent ces difficultés comme étant dues à une perception de parole imparfaite, ce qui entrave l'acquisition de certains sons, tandis que d'autres considèrent qu'il s'agit d'un retard de développement du langage.

1.3. Implant cochléaire et développement de la mémoire de travail

1.3.1. Mémoire de travail : définition

La mémoire de travail est un élément essentiel dans le traitement du langage, car elle intervient dans divers aspects tels que le stockage temporaire des informations linguistiques, le traitement syntaxique, l'organisation et la compréhension du discours (Gathercole & Baddeley, 1993). Certaines des tâches destinées à mesurer les compétences phonologiques en production et perception des enfants (par exemple, la tâche de répétition de pseudo-mots) requièrent des compétences en mémoire de travail. Il est donc important d'analyser spécifiquement les capacités de mémoire de travail, afin de prendre en compte leur rôle lorsqu'on étudie les compétences linguistiques chez les enfants.

La mémoire de travail à court terme désigne un processus de stockage qui maintient consciemment les informations en mémoire à court terme, ainsi que la capacité de manipuler ces informations en vue de résoudre des problèmes.

Le modèle de Baddeley (1986) définit la mémoire de travail comme un système multicomposant, composé d'un administrateur central (système superviseur attentionnel en charge des fonctions exécutives qui contrôlent, régulent et planifient l'activité cognitive) et de deux sous-systèmes : la boucle phonologique (également appelée « boucle articulatoire ») qui est spécifique à l'information verbale et le calepin visuo-spatial qui est spécifique à l'information visuo-spatiale. À ce modèle initial, Baddeley (2000) ajoute un nouveau composant, le buffer épisodique (cf. Figure 1.1.5). Il s'agit d'un système de stockage limité, contrôlé par l'administrateur central, qui récupère les informations provenant de différentes sources, afin de les consolider en mémoire à long terme. Ce modèle constitue une référence majeure pour une grande partie des recherches dans le domaine de la surdité et du développement du langage chez l'enfant.

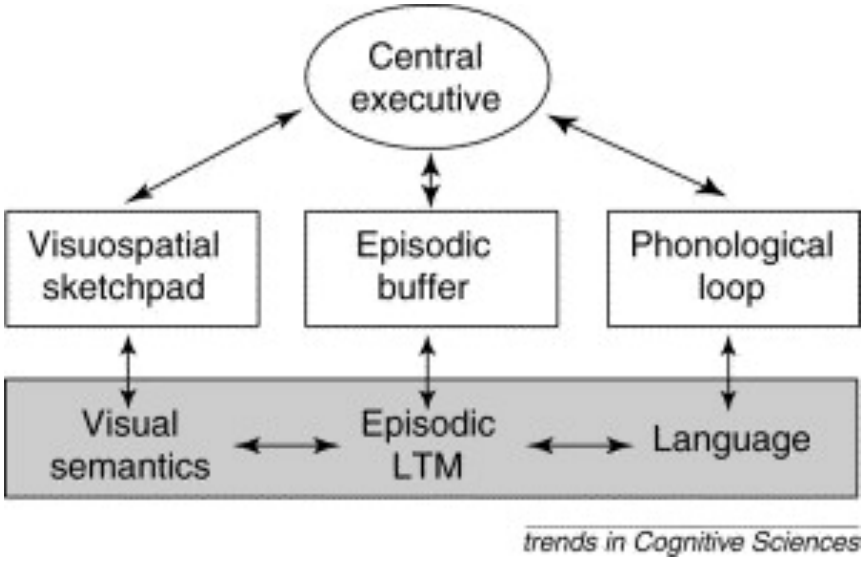


Figure 1.1.5. Modèle de la mémoire de travail de Baddeley (2000)

Dans leur dernier modèle hiérarchique multicomposant de la mémoire de travail (voir Figure 1.1.6), Baddeley et al. (2012) suggèrent que l'information à retenir est stockée de manière multidimensionnelle et que différentes sources d'entrée peuvent interagir avec la mémoire de travail. La boucle phonologique et le calepin visuo-spatial fournissent donc des éléments constitutifs des représentations multisensorielles qui sont maintenues par le buffer épisodique. Il propose donc une distinction structurelle entre les sous-systèmes dédiés au stockage, tels que le calepin visuo-spatial et la boucle phonologique, d'une part, et une entité distincte responsable du contrôle exécutif de la cognition, à savoir le buffer épisodique, d'autre part. Dans ce modèle, la boucle phonologique intègre des représentations multisensorielles auditives et visuelles, tandis que le calepin visuo-spatial intègre des informations visuelles, spatiales et haptiques.

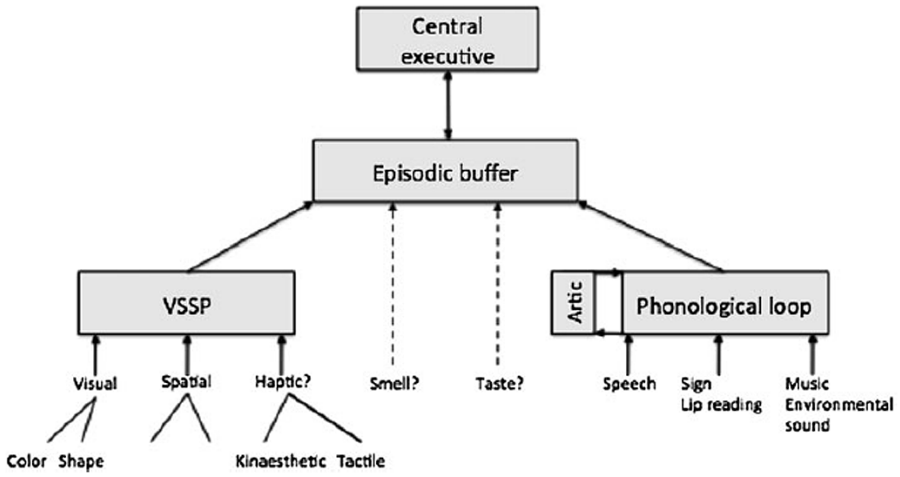


Figure 5

A speculative view of the flow of information from perception to working memory. VSSP, visuo-spatial sketchpad.

Figure 1.1.6. Modèle actuel de la mémoire de travail de Baddeley et al. (2021) qui illustre le flux d'informations entre la perception et la mémoire tampon épisodique.

Un autre modèle influent sur la mémoire de travail suggère une autre conception des relations entre la mémoire de travail et le contrôle exécutif (Barrouillet & Camos, 2010). En effet, le modèle du partage des ressources attentionnelles (Time-Based Resource-Sharing model, TBRS) (Barrouillet, Bernardin, & Camos, 2004) propose que la mémoire de travail repose uniquement sur des mécanismes attentionnels. Ainsi, les traces mnésiques sur lesquelles l'attention se concentre sont activées. Toutefois, dès que l'attention est déplacée, cette activation subit une dégradation temporelle, et le rafraîchissement attentionnel de ces traces avant leur disparition complète s'effectue par le biais de leur réactivation (Camos & Barrouillet, 2014).

La mémoire de travail verbale séquentielle joue un rôle crucial dans le développement des apprentissages, du langage et de la parole. En effet, de nombreuses études ont montré que la mémoire de travail verbale est une compétence importante dans le développement des capacités d'apprentissage chez l'enfant (Leclercq & Majerus, 2010; Masoura & Gathercole, 2005) et dans le développement phonologique (Torrington Eaton & Ratner, 2016), tandis que la mémoire de travail visuo-spatiale semble jouer un rôle plus spécifique dans les capacités d'apprentissage en mathématiques (De Smedt et al., 2009). Par ailleurs, la mémoire de travail permet de suivre, planifier et structurer des consignes et des activités et permet d'encoder et de stocker de nouvelles informations (Jaroslawska et al., 2016; Kofler et al., 2018).

Pour évaluer la mémoire de travail, des tâches telles que l'empan de chiffres, l'empan de mots ou l'empan visuo-spatial sont généralement utilisées. Ces tâches permettent d'obtenir une

première estimation des capacités de la mémoire de travail à court terme chez les enfants, mais impliquent également des compétences phonologiques, de l'ordre sériel et de l'attention. Ainsi, en plus de mesurer la capacité à maintenir temporairement des informations, elles évaluent également d'autres aspects cognitifs qui contribuent à la performance globale de la mémoire de travail.

1.3.2. Compétences en mémoire de travail verbale des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires

Concernant les compétences en mémoire de travail verbale des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires, l'étude de Pisoni (2000) montre que les enfants porteurs d'implants cochléaires ont des empans verbaux à l'endroit plus faibles que leurs pairs entendants. Ces résultats sont répliqués par l'étude de Dawson et al. (2002) qui montre que les enfants porteurs d'implants cochléaires ont de moins bonnes compétences en mémoire à court terme séquentielle auditive que leurs pairs entendants lorsque les stimuli étaient verbaux ou constitués d'images. D'autres études montrent également que les enfants porteurs d'implants cochléaires ont une mémoire de travail verbale plus faible par rapport aux enfants normo-entendants (Lyxell et al., 2008; Nittrouer et al., 2017; Pisoni et al., 2011; Pisoni & Cleary, 2003). Par ailleurs, une autre étude de Clearly et al. (2001) a examiné l'effet combiné d'une information verbale et spatiale sur la mémorisation de séquences de couleurs par des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Ces séquences étaient présentées dans plusieurs conditions : couleur seule, couleur avec dénomination verbale des couleurs, couleur avec dénomination verbale du chiffre. Les résultats montrent que les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires obtiennent des scores significativement inférieurs à ceux des enfants NE dans chacune des conditions. Selon les auteur·e·s, la majorité des enfants porteurs d'implants cochléaires n'ont pas bénéficié de l'ajout d'une information auditive supplémentaire lors de l'exécution de la tâche. En effet, leur stratégie consiste à encoder principalement la séquence cible de manière visuo-spatiale.

L'étude de Pisoni & Cleary (2003) s'est également intéressée à l'influence du mode de communication sur la mémoire de travail verbale des enfants sourds. Dans leur étude, les auteur·e·s ont utilisé un système de notation allant de 1 à 6 pour évaluer différents types de communication (1 point pour l'utilisation exclusive de la langue des signes et 6 points pour l'utilisation exclusive de la modalité auditive sans lecture labiale). Les résultats ont montré une corrélation positive entre l'empan de chiffres à l'endroit et le mode de communication utilisé par les enfants sourds. Ainsi, il semblerait que les enfants porteurs d'implants cochléaires utilisant une approche auditive et oraliste présentent de meilleures

performances en mémoire de travail verbale que ceux utilisant exclusivement la langue des signes. Les auteur·e·s en concluent donc que l'expérience précoce dans un environnement mettant l'accent sur un approche auditive et orale est associée à un meilleur empan de chiffres à l'endroit (Pisoni & Cleary, 2003).

En résumé, les recherches indiquent que les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires présentent des déficits en mémoire de travail verbale. Toutefois, il convient de noter que la mémoire de travail verbale implique le maintien à court terme de l'information verbale, nécessitant l'utilisation de la boucle phonologique (cf. modèle de Baddeley, 2000). Une hypothèse pourrait être que les déficits en mémoire de travail observés chez les enfants porteurs d'implants cochléaires seraient dus à des compétences phonologiques sous-spécifiées. En effet, ces enfants sont plus à risque de développer des compétences phonologiques déficitaires en raison de la dégradation des informations auditives (cf. chapitre 1.2.2 sur la perception de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires). Ainsi, il est possible que leurs difficultés en mémoire de travail verbale soient davantage liées à des déficits phonologiques qu'à des déficits intrinsèques de la mémoire de travail en tant que telle (Nittrouer et al. 2017).

1.3.3. Compétences en mémoire de travail visuo-spatiale des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires

La littérature scientifique concernant les performances en mémoire de travail visuo-spatiale des enfants porteurs d'implants cochléaires est plus limitée et les études sont contradictoires. En effet, certain·e·s auteur·e·s ont montré que les enfants porteurs d'implants cochléaires avaient des performances en mémoire de travail visuo-spatiale inférieures aux enfants normo-entendants (Cleary et al., 2001; Engel-Yeger et al., 2010). Les auteur·e·s concluent que les différences d'empan mnésique entre les deux groupes, même dans une tâche de mémoire visuo-spatiale, suggèrent que les enfants porteurs d'implants cochléaires présentent un développement atypique de la mémoire de travail, indépendamment de la modalité d'entrée (Cleary et al., 2001). Cependant, certain·e·s auteur·e·s n'ont pas retrouvé de différences entre ces deux groupes et concluent que les enfants porteurs d'implants cochléaires ont des performances en mémoire de travail visuo-spatiale dans les normes attendues (Bharadwaj et al., 2015; Lyxell et al., 2008; Wass, 2009).

Le mode de communication semble également jouer un rôle sur les compétences en mémoire de travail visuo-spatiale. En effet, l'utilisation à long terme d'une langue des signes peut améliorer le traitement visuel et spatial. Des recherches ont montré que les personnes sourdes

utilisant la langue des signes possédaient un champ visuel plus étendu que celles qui n'utilisent pas cette langue (Codina et al., 2017; Stoll et al., 2018). De plus, l'étude de Wilson et al. (1997) a démontré que les enfants sourds utilisant la langue des signes présentaient de meilleures compétences en mémoire visuo-spatiale que leurs pairs non-signants. En outre, le mode de communication peut avoir des conséquences sur la mémoire de travail non linguistique. L'influence de la langue des signes sur la mémoire visuo-spatiale peut s'expliquer notamment par le fait que, en langue des signes, les lieux et les relations spatiales sont utilisés pour transmettre des informations linguistiques. Les référents sont souvent associés à des lieux particuliers dans l'espace, et cette information doit être mémorisée au cours de la conversation. Ainsi, la nature visuo-spatiale de cette langue semble avoir une influence positive sur le traitement des stimuli visuo-spatiaux (Hall & Bavelier, 2010). En revanche, d'autres travaux remettent en question le fait que la langue des signes permet d'avoir un meilleur traitement visuo-spatial. En effet, l'étude de Marshall et al. (2015) a mesuré les capacités de mémoire de travail spatiale de trois groupes d'enfants : des enfants sourds signants natifs de la langue des signes, des enfants sourds signants non-natifs de la langue des signes et des enfants normo-entendants. Les résultats ont montré que les enfants sourds signants natifs de la langue des signes avaient des performances mnésiques similaires à celles des enfants normo-entendants, tandis que des différences entre les enfants sourds signants non-natifs de la langue des signes et les enfants normo-entendants ont été observées. Les résultats suggèrent donc que, quelle que soit la modalité de la langue (parlée ou signée), une expérience linguistique riche et précoce joue un rôle essentiel dans les performances en mémoire de travail visuo-spatiale (Marshall et al., 2015). Enfin, une récente étude n'a pas montré de différence significative dans la capacité de mémoire de travail visuo-spatiale chez les enfants sourds utilisant une communication orale, totale ou signée (Aprilia & Mangunsong, 2020). Les auteur·e·s suggèrent donc que les méthodes de communication utilisées dans cette étude n'influencent pas les compétences en mémoire de travail visuo-spatiale des enfants sourds.

1.4. En résumé

L'implant cochléaire est un dispositif électro-acoustique qui permet de stimuler les aires auditives des personnes avec une surdité sévère ou profonde et ainsi leur permettre de développer des compétences auditives (Sharma & Glick, 2016 ; Sharma et al. 2009). Même si les progrès de l'implant sont de plus en plus prometteurs et que les enfants sourds perçoivent certains sons de parole grâce à celui-ci, ces enfants sont à risque de développer des difficultés en perception et en production de parole, ainsi qu'en mémoire de travail. En effet, l'implant cochléaire fournit des informations auditives dégradées et ne permet pas aux enfants sourds de développer des compétences de parole identiques à celles des enfants normo-entendants. Par ailleurs, les compétences en parole des enfants porteurs d'implants cochléaires sont très hétérogènes et de nombreux facteurs peuvent influencer les résultats en parole. Un facteur prédominant qui fait consensus dans la littérature est la précocité de l'implant. Les enfants ayant reçu leur implant cochléaire de manière précoce (avant 12 mois, 18 mois, 24 mois ou 36 mois, selon les auteur·e·s) présentent de meilleures compétences en perception de parole. Le caractère précoce de l'implantation cochléaire et l'âge au moment de l'implantation sont donc des variables essentielles à prendre en compte. Étant donné que les compétences en parole et en mémoire de travail sont étroitement corrélées, les difficultés phonologiques liées à la surdité de l'enfant peuvent également impacter la mémoire de travail de ces enfants.

Par conséquent, compte tenu des difficultés linguistiques et cognitives rencontrées par les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires, une prise en charge pluridisciplinaire incluant un projet thérapeutique précoce est indispensable pour soutenir le développement de la parole et des compétences cognitives de ces enfants.

2. Prise en charge orthophonique des enfants sourds

2.1. Prise en charge pluridisciplinaire et Evidence-Based Practice

L'hétérogénéité de la population et la complexité des profils rencontrés nécessitent une approche multidisciplinaire. Selon le profil de l'enfant et le type d'établissement, différent·e·s professionnel·le·s peuvent intervenir dans la prise en charge d'un enfant sourd : médecin (ORL ou pédiatre), audiologiste, audioprothésiste, orthophoniste, psychologue, psychomotricien·ne, interface et interprète en Langue des Signes, codeur·euse en Langue Parlée Complétée, enseignant·e (spécialisé·e ou de soutien), kinésithérapeute, ergothérapeute, assistant·e social·e, etc.

Cette équipe de professionnel·le·s doit collaborer afin de créer un plan individualisé d'accompagnement cohérent en utilisant une approche basée sur des preuves scientifiques. Cette approche, appelée « Evidence-Based Practice » (EBP) (Straus et al., 2011), vise à aider le·la clinicien·ne à prendre des décisions thérapeutiques en se basant sur des données objectives provenant de la recherche, tout en tenant compte de la situation clinique et familiale. Elle permet de réduire l'incertitude lors d'une décision clinique et fournit une aide au choix thérapeutique en se basant sur les meilleures « preuves » issues de la recherche scientifique et l'expérience clinique, tout en tenant compte des préférences du patient (Martinez-Perez et al., 2015). La décision clinique et le projet clinique doivent se réaliser en tenant compte de quatre piliers (Maillart, 2012):

- Le **pilier patient·e** : il est important que le·la clinicien·ne prenne en compte les difficultés du·de la patient·e, mais aussi ses forces, ses comorbidités, son contexte social et familial, son origine culturelle, ses valeurs, etc. L'intervention spécialisée doit se faire en collaboration avec le·la patient·e.
- Le pilier **expertise du·de la clinicien·ne** : cela consiste à prendre conscience de ses propres limites en tant que clinicien·ne. Il est important que le·la clinicien·ne soit conscient·e de ses compétences interpersonnelles (compétences observationnelles, communicationnelles ou relationnelles) et de ses compétences scientifiques (connaissances et compétences théoriques, techniques, ou statistiques). De plus, il·elle doit lutter contre ses propres croyances et ses propres biais cognitifs et affectifs susceptibles d'affecter son raisonnement clinique.
- Le pilier **recherche** : ce pilier encourage le·la clinicien·ne à trouver les meilleures données probantes issues de la recherche scientifique, c'est-à-dire des données externes, pour appuyer sa prise de décision.

- Le pilier **contexte organisationnel et environnemental** : de nombreux facteurs environnementaux peuvent influencer le choix thérapeutique. En effet, le pays et le contexte politique sont des facteurs à prendre en compte, ainsi que le lieu d'exercice et les différentes infrastructures locales (cabinet, domicile, école, centre de rééducation, etc.), le remboursement des soins et le climat social (les croyances, les valeurs, les coutumes et les pratiques de la famille).

L'EBP accorde une grande importance à la pratique clinique, la recherche et l'élaboration des recommandations nationales. Elle regroupe les approches de communication basées sur des données empiriques et facilite la prise de décision pour les thérapeutes, les parents ainsi que les responsables des politiques éducatives locales. La mise à jour constante des pratiques actuelles à la lumière des résultats probants de la recherche permet d'améliorer la prise en charge orthophonique.

L'objectif principal de la prise en charge orthophonique, en complément avec d'autres prises en charge, est de favoriser le développement du langage de l'enfant sourd au sein de sa famille, quelles que soient la ou les langues utilisées (français ou langue des signes française). Le projet éducatif et thérapeutique peut consister en la mise en place de la communication vocale[4], de la communication signée, ou encore de la communication bilingue. Les trois principaux facteurs susceptibles d'influencer l'utilisation d'un mode de communication spécifique sont : le seuil auditif de l'enfant (avec et sans les aides auditives), la langue utilisée à la maison et la présence de troubles associés (HAS, 2009). Selon Simser (2012) (cité par Fitzpatrick & Doucet, 2012), la plupart des parents choisissent un mode de communication qui permet à leur enfant de s'adapter au mode de vie de la famille. En général, la langue première d'un enfant sourd est celle qui est utilisée par ses parents et il est important de préciser que 95% des enfants sourds naissent dans des foyers où seule la langue vocale est utilisée (Hall et al., 2019). La vision des parents par rapport à la surdité de leur enfant peut également influencer l'utilisation d'un mode de communication. Certains parents choisissant une communication signée, souvent associée à une vision socioculturelle de la surdité, considèrent la surdité comme faisant partie de l'identité culturelle de l'individu (en se reliant à la culture Sourde). Le terme « culture Sourde » désigne un ensemble de représentations, de savoirs, de pratiques, de règles sociales, de comportements et de valeurs propres aux personnes sourdes et de leurs proches qui communiquent avec une langue des signes. Dans ce

[4] Dans le cadre de cette thèse, nous utiliserons le terme de « langue vocale » pour désigner la langue dont l'usage oral fait intervenir les organes articulatoires de la parole, ex : le français. Le terme « oral » fait référence à l'usage d'une langue dans une situation de communication. On pourra donc parler d'oral en langue vocale ou en langue gestuelle (Millet, 1992 ; Mugnier, 2006).

contexte, « Sourd·e » avec un S majuscule est un terme désignant les personnes sourdes qui s'identifient à la communauté sourde et possèdent un sentiment d'appartenance à cette communauté, en communiquant principalement par la langue des signes (Poirier, 2005). En revanche, la vision de la surdité des parents utilisant une communication en langue vocale est plus souvent associée à une perspective plus audiologique de la surdité (Senghas & Monaghan, 2002).

Enfin, il convient de garder à l'esprit que, dans la plupart des cas, la surdité de l'enfant est isolée. Cependant, elle peut s'inscrire dans un cadre pathologique plus complexe et se combiner alors avec d'autres déficiences et/ou divers troubles. Le nombre d'enfants sourds qui présentent des troubles associés à la surdité (troubles cognitifs, visuels, moteurs, attentionnels, vestibulaires, comportementaux ou d'apprentissage) est d'environ 40 % (Gravel & O'Gara, 2003). Chez les enfants sourds présentant des troubles supplémentaires, le développement auditif et langagier peut être retardé, comparé aux enfants sourds sans troubles supplémentaires (voir Sharma et al. 2020 pour une revue de la littérature). En ce qui concerne les atteintes de la fonction vestibulaire, elles sont présentes dans plus de 50 % des cas de surdité chez l'enfant (Wiener-Vacher et al., 2018). La mise en place d'un projet éducatif doit ainsi prendre en compte les troubles associés à la surdité.

Quoi qu'il en soit, le projet thérapeutique de l'enfant est flexible et doit être ajusté tout au long de sa prise en charge. Il est crucial que les parents puissent prendre des décisions éclairées concernant le mode de communication ou les outils d'aide à la communication pour leur enfant. Par conséquent, établir un partenariat solide avec les parents en leur fournissant des informations complètes et objectives sur les conséquences de la surdité et sur les différentes options de communication disponibles (Kushalnagar et al., 2010) revêt une importance capitale.

2.2. Accompagnement parental

L'accompagnement parental et familial commence dès l'annonce du diagnostic de surdité et perdure tout au long des étapes clés de la vie de l'enfant. Les effets de l'implantation cochléaire et des aides auditives ne sont pas immédiats, ce qui signifie que les parents doivent s'engager dans un processus de stimulation auditive et langagière de la manière la plus naturelle possible. Cet accompagnement parental implique que les professionnel·le·s fournissent des informations objectives aux parents concernant la surdité et ses conséquences, les options de communications disponibles, les aides auditives, ainsi que leurs limites et

avantages. L'accompagnement parental consiste également à aider et à guider les parents à observer leur enfant, en pointant ses progrès langagiers et communicationnels, mais également en donnant des conseils sur la manière d'interagir avec leur enfant (Loundon & Busquet, 2009). Il convient également de mettre en évidence le rôle essentiel du réseau social et associatif de la famille dans cet accompagnement.

L'enfant sourd peut être exposé à différents environnements linguistiques en fonction des modes de communication qui sont mis en place à la maison, tels que la langue vocale, la langue des signes, ou une communication bilingue bimodale. La qualité de cet environnement linguistique, l'intensité des interactions sociales, et l'implication parentale sont des éléments essentiels pour le développement du langage chez les nourrissons. Cependant, ces facteurs peuvent varier en fonction du statut auditif des parents, selon qu'ils sont sourds ou entendants. Une récente étude de Beatrijs et al. (2019) a démontré que le statut auditif des parents influence les interactions linguistiques avec l'enfant sourd. En effet, les auteur·e·s ont observé que les parents sourds avaient des interactions linguistiques plus longues avec leur enfant sourd, en comparaison avec les parents entendants. Par ailleurs, l'étude de Cruz et al. (2013) souligne également que les parents entendants d'enfants sourds font face à davantage de difficultés pour établir un environnement linguistique propice aux interactions sociales avec leur enfant que les parents sourds.

En plus de la qualité et de la fréquence des interactions sociales, la compétence à intégrer dans la vie quotidienne les exercices pratiqués lors des séances thérapeutiques est fondamentale (Spencer & Marschark, 2006). Par conséquent, l'accompagnement parental doit permettre aux parents de reconnaitre et d'encourager les compétences linguistiques, propres à leur enfant, tout en leur donnant les moyens d'acquérir des connaissances et des compétences liées à la surdité. Ces éléments influencent le niveau langagier ainsi que le développement socio-émotionnel de l'enfant (Calderon, 2000). En effet, lorsque les parents bénéficient d'un accompagnement parental approprié, ils développent un discours adapté à leur enfant, utilisant des énoncés plus variés, et jouent un rôle plus actif dans sa rééducation, ce qui influence positivement le nombre d'interactions entre parents et enfant (Calderon, 2000).

L'étude de Moeller (2000) évalue la participation familiale précoce sur une échelle à cinq niveaux (allant d'une participation parentale limitée à une participation parentale idéale), selon le niveau de compréhension des enjeux de la surdité de l'enfant, les facteurs de stress, la régularité de la famille aux séances de prise en charge, la qualité des interactions, la mobilisation de la famille et l'entretien et le suivi des aides auditives (Moeller, 2000). Les

résultats de cette étude ont montré que l'implication parentale a une influence sur les compétences intellectuelles non-verbales, sur le développement du langage, sur les compétences lexicales et sur les capacités de raisonnement verbal des enfants sourds. La précocité de la prise en charge est également une variable ayant influencé de manière significative les résultats langagiers. Les conclusions mettent en évidence que la détection précoce de la surdité, combinée à des interventions précoces impliquant activement les familles, favorise le développement du langage chez les enfants sourds. Par ailleurs, l'étude de Niparko et al. (2010) corrobore ces résultats et montre que de bons scores d'interactions parents-enfants sont corrélés à une meilleure évolution langagière (expression et compréhension) des enfants sourds profonds porteurs d'implants cochléaires. Parmi les facteurs prédictifs familiaux, le niveau d'études de la mère, également corrélé avec le niveau socio-économique, a été identifié de manière significative comme facteur susceptible d'influencer les performances langagières des enfants (Ching et al., 2013).

Enfin, l'accompagnement parental implique que les professionnel·le·s exposent tous les outils d'aide à la communication pouvant être mis en place à la maison pour favoriser le développement de la parole.

2.3. Outils et méthodes pour soutenir la communication avec les enfants sourds

La Haute Autorité de Santé (HAS) a rédigé, en 2009, des recommandations concernant la mise en place précoce d'un environnement adapté aux besoins de l'enfant présentant une surdité bilatérale permanente. Selon la HAS, ces recommandations pour la pratique clinique reposent sur une analyse approfondie et critique de la littérature scientifique existante et intègrent les avis d'un groupe multidisciplinaire de professionnel·le·s spécialisé·e·s dans le domaine de la surdité chez l'enfant. L'objectif principal de ces recommandations est de promouvoir l'accès à la langue pour les enfants sourds au sein de leur famille, peu importe la langue choisie, que ce soit le français ou la langue des signes française. « *Dans l'éducation et le parcours scolaire des jeunes sourds, la liberté de choix entre une communication bilingue, langue des signes et langue française, et une communication en langue française est de droit* ». (HAS, 2009). Si les parents font le choix d'une communication auditivo-phonatoire (dans ce contexte-ci, la langue française), la HAS préconise l'utilisation de la Langue française Parlée Complétée (LfPC, outil visuo-manuel d'aide à la lecture labiale) ou du Français Signé (outil qui complète la parole avec des signes de la LSF) à la maison et à l'école. Ainsi, il est recommandé de mettre en place une communication impliquant différentes modalités sensorielles (visuelles, tactiles, proprioceptives et auditives) lors des interactions linguistiques

entre l'enfant et sa famille. Une revue systématique de Fitzpatrick et al. (2016) a examiné l'apport de l'ajout de signes en complément de la langue vocale sur le développement de la parole chez les enfants sourds, par rapport à l'utilisation exclusive de la langue vocale sans l'utilisation de signes. Dans l'ensemble, les conclusions de cette revue montrent que la plupart des études n'ont révélé aucune différence significative entre les deux types d'interventions et que les preuves de l'apport du signe sur le développement de la parole sont encore limitées et insuffisantes. Par ailleurs, de nombreuses études examinées dans la revue ont été menées avant 2002 auprès d'enfants présentant une surdité profonde ou sévère. Par conséquent, ces résultats peuvent ne pas refléter la pratique actuelle, compte tenu des avancées technologiques actuelles des aides auditives. Les auteur·e·s soulignent ainsi la nécessité de mener des études supplémentaires sur des cohortes contemporaines d'enfants sourds pour ainsi mesurer si l'ajout des signes en complément de la parole est bénéfique pour le développement langagier des enfants sourds (Fitzpatrick et al., 2016).

De nombreux autres outils et méthodes, non listés dans les recommandations nationales, sont aujourd'hui utilisés dans la pratique clinique, scolaire ou familiale. Pour les besoins de cette thèse, nous avons répertorié la liste des outils susceptibles d'être utilisés en France actuellement, à partir de ma formation en logopédie (orthophonie) à Bruxelles, en collaboration avec des professionnelles de la surdité en France (orthophonistes et enseignantes spécialisées) et au regard de la littérature scientifique existante. La liste de ces outils, ainsi qu'une brève description se trouvent dans la Table 1.2.1 ci-dessous. Ces outils et méthodes sont plus précisément décrits en Annexe 1. Ces outils sont principalement investis par les professionnel·le·s (orthophoniste, enseignant·e, éducateur·rice, etc.) et la plupart requièrent une formation spécifique. Cependant, il n'est pas rare que les professionnel·le·s encouragent certains parents à les utiliser dans le cadre familial. Ces outils ne sont pas obligatoires et leur choix n'est pas définitif (Loundon et al., 2009).

Table 1.2.1. Liste des outils et méthodes de communication susceptibles d'être utilisés par les professionnel·le·s en France avec les enfants sourds.

Outil/méthode	Brève définition
Le Français Signé	Outil qui utilise des signes lexicaux pour compléter les informations lexicales du français.
La langue française Parlée Complétée	Outil qui utilise des gestes manuels pour désambigüiser la lecture labiale et compléter les informations phonologiques vocales.

L'Auditory Verbal Therapy	Approche centrée sur la famille qui renforce les compétences auditives et utilise le *coaching* parental.
La méthode Verbo-tonale	Utilisation des mouvements corporels et rythmiques pour produire la parole.
La Dynamique Naturelle de la Parole	Utilisation d'indices visuels ou kinésiques pour soutenir les représentations phonologiques.
La Langue en Mouvement	Sensibilisation à la phonologie française à partir de l'utilisation de mouvements corporels associés à la prosodie.
Les Gestes de Borel Maisonny	Approche phonétique utilisant des gestes représentant la forme écrite ou l'image articulatoire du phonème cible.
Le Makaton	Programme utilisant des signes de la Langue des Signes Française et/ou des pictogrammes.
Le Français Complet Signé et Codé	Combinaison de parole, de clés de la LfPC et de signes de la LSF.
La Dactylologie	Transcription de l'alphabet du français écrit en signes.
La Lecture interactive	Encourager le développement du langage à partir d'un livre.
La lecture labiale	Entraînement à l'interprétation du mouvement des lèvres.
La musique	Utilisation de la musique pour favoriser le développement langagier.
Les logiciels informatiques	Utilisation de logiciels informatiques pour le développement de compétences spécifiques.

Si l'on peut établir une liste des outils disponibles pour la pratique en France, il manque cependant des informations sur l'usage réel de ces outils dans la pratique clinique et familiale pour favoriser la communication vocale de l'enfant sourd. La première étude de cette thèse a donc pour objectif de faire un état des lieux de l'usage des outils d'aide à la communication utilisés en France.

2.4.Article 1. Outils d'aide à la communication en langue française chez les enfants sourds : enquêtes sur les usages familiaux et professionnels

Le premier objectif de cette étude est de fournir des données quantitatives sur l'utilisation des outils pouvant être investis par les profesionnel·le·s. Le deuxième objectif consiste à comparer trois outils pouvant être mis en place à la fois par les parents et les professionnel·le·s : le Français Signé (outil utilisant des ressources linguistiques multimodales

pour les représentations lexicales), la Langue française Parlée Complétée (outil utilisant des ressources linguistiques multimodales pour les représentations phonologiques), et l'Auditory Verbal Therapy (thérapie qui renforce les compétences auditives).

Cette première étude a été réalisée en 2021 à partir de questionnaires en ligne. Les deux questionnaires utilisés dans cette étude se trouvent en Annexe 2. Elle est présentée sous la forme d'un article de revue. Cet article sera soumis pour publication dans d'un numéro spécial de l'ANAE (Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant), qui portera sur la prise en charge et le développement de la langue vocale et du français écrit chez l'enfant sourd, et qu'avec Laura Machart, Hélène Lœvenbruck et Anne Vilain, nous co-éditerons.

Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H. & Vilain, A. (en préparation). Outils d'aide à la communication en langue française chez les enfants sourds : enquêtes sur les usages familiaux et professionnels. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant (ANAE)*.

Ces résultats ont été présentés lors des conférences suivantes :

- Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2021). Speech communication tools used for children with hearing loss in France. *Comm4CHILD Workshop*, Hannover, Allemagne (en ligne).
- Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2021). Les outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds : étude exploratoire. *8ème Journées de Phonétique Clinique*, Toulouse, France (en ligne) [Annexe 14 pour l'article et Annexe 15 pour le poster].
- Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2021). Les outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds : étude exploratoire. *Rencontres Jeunes Chercheurs du LPNC*, Grenoble, France.
- Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2021). Les outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds : étude exploratoire. *Stage ALPC*, Les Karellis, France.
- Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2021). Speech communication tools used for children with hearing loss in France. *Beyond speech workshop*, Australia (online).
- Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2021). Speech communication tools used for children with hearing loss in France. *Comm4CHILD Workshop*, Leeds, UK (en ligne) [poster, Annexe 15].
- Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2022). Speech communication tools used for children with hearing loss in France. *Workshop on Infant Face Perception and Language Learning*, Grenoble, France.

- Van Bogaert, L. & Machart, L. (2023). Communication orale et vocale de l'enfant sourd. *Conférence de vulgarisation scientifique dans le cadre de l'édition 2023 de Pint Of Science*, Grenoble, France.

Outils d'aide à la communication en langue française chez les enfants sourds : enquêtes sur les usages familiaux et professionnels

Lucie VAN BOGAERT[1,2], Hélène LŒVENBRUCK[1] & Anne VILAIN[2]

[1]Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition, UMR 5105 CNRS, Université Grenoble Alpes

[2]GIPSA-Lab, UMR 5216 CNRS, Grenoble INP, Université Grenoble Alpes

Lucie.van-bogaert@univ-grenoble-alpes.fr

Résumé

Dès l'annonce du diagnostic de surdité, il est essentiel de mettre en place une intervention précoce afin de prévenir les déficits langagiers. Parmi ces interventions adaptées aux enfants sourds, on retrouve le Français Signé, la Langue française Parlée Complétée et l'Auditory Verbal Therapy, qui mettent l'accent sur le développement de la langue vocale. L'objectif de cette étude est de dresser un état des lieux des outils de communication en langue française utilisés par les professionnels et les parents d'enfants sourds en France.

Mots clés : enfants, sourds, outils d'aide à la communication, parents, professionnels de la surdité

As soon the diagnosis of deafness is announced, it is essential to implement early intervention to prevent language deficits. Among these interventions tailored to deaf children, we find French Sign Language, Cued Speech, and Auditory Verbal Therapy, which focus on the development of spoken language. The objective of this study is to provide an overview of the communication tools in the French language used by professionals and parents of deaf children in France.

1. Introduction

La déficience auditive est l'un des troubles sensoriels les plus fréquents et représente un enjeu de santé publique majeur. De nombreuses études ont montré que la perte auditive précoce peut avoir des conséquences délétères sur le développement du langage vocal (Leybaert & Borel, 2020). Par conséquent, un diagnostic avant l'âge de 3 mois et une prise en charge avant 6 mois sont recommandés, quel que soit le degré de surdité (Yoshinaga-Itano et al., 1998). Ainsi, dès l'annonce du diagnostic de surdité, un projet linguistique individualisé et adapté aux besoins de l'enfant doit être mis en place. Pour que l'enfant sourd puisse percevoir la parole et développer la langue vocale, plusieurs types d'aide auditive peuvent être mis en place. Pour les surdités légères à modérées, il existe des prothèses amplificatrices, mais celles-ci sont inefficaces lorsque les seuils cochléaires sont trop élevés et elles ne permettent pas de restaurer une audition typique. Dans les cas de surdité sévère ou profonde, l'implant cochléaire est préconisé. Il s'agit d'un dispositif électro-acoustique qui capte le signal acoustique grâce à un microphone et transforme ce signal en impulsion électrique grâce à un processeur. L'implant cochléaire améliore les représentations phonologiques et favorise l'émergence de comportements prélinguistiques tels que le contact visuel, l'attention conjointe et les tours de parole (Habib et al., 2010). Toutefois, l'information auditive transmise par l'implant cochléaire reste limitée et dégradée et ne permet pas une perception auditive identique à celle des personnes normo-entendantes. En effet, les recherches ont montré que les performances des enfants porteurs d'implants cochléaires restent en dessous de celles des enfants normo-entendants (Colin et al., 2017; Van Bogaert et al. 2023) et leurs représentations phonologiques restent sous-spécifiées (Leybaert & LaSasso, 2010; Machart, 2022). Il est donc essentiel que les enfants sourds bénéficient d'un soutien à la fois de la part des professionnels et de leur entourage afin de favoriser leur développement linguistique.

Il existe trois modes de communication utilisés dans l'environnement linguistique des enfants sourds : la communication vocale, la communication signée et la communication bilingue bimodale (Mugnier, 2006). Selon Hall et al. (2019), 95 % des enfants sourds naissent dans des foyers où seules les langues parlées sont utilisées. Le mode de communication des parents influence leur choix de modalité de communication pour leur enfant, et la majorité des parents d'enfants sourds optent pour le développement de la communication orale et vocale (72% selon l'enquête CISIC 2021). La présente étude s'intéresse au développement de la communication vocale. Étant donné que les aides auditives ne permettent pas à l'enfant sourd de retrouver une audition similaire à celle des enfants normo-entendants, le développement de la communication vocale chez l'enfant sourd peut nécessiter l'utilisation d'outils et méthodes

d'aide à la communication, soit par les professionnels de santé qui accompagnent l'enfant, soit par l'entourage familial. Cette étude vise à faire un état des lieux des outils d'aide à la communication en langue vocale utilisés avec les enfants sourds en France, par les professionnels, et par les parents.

2. Outils et méthodes d'aide à la communication

Afin d'aider les enfants sourds à développer leurs compétences linguistiques en langue française, de nombreuses approches et outils sont aujourd'hui utilisés. En fonction de l'âge de l'enfant, de son niveau de langage, de son seuil auditif, de ses capacités d'apprentissage, des éventuels handicaps associés et du contexte familial, différentes aides peuvent être proposées à l'enfant, voire combinées et interchangées en fonction de son évolution. En France, pour les professionnels et les parents d'enfants sourds, deux types de programmes d'intervention audio-phonatoire précoce en français sont recommandés avant l'âge de 3 ans par la Haute Autorité de Santé : le Français Signé et la Langue française Parlée Complétée (LfPC) (HAS, 2009).

2.1. Le Français Signé

Le Français Signé est un outil de communication en langue française utilisant une combinaison de mots du français et de signes lexicaux de la Langue des Signes Française (LSF). Il s'agit donc d'accompagner la parole avec des signes en suivant la structure syntaxique du français (Capirci et al., 2002). Par exemple, la phrase « Je mange un gâteau » sera signée en LSF « [GATEAU] [MANGER] » et en Français Signé « [JE] [MANGER] [GATEAU] ». Le Français Signé ne donne pas d'informations sur la phonologie du français et fournit des informations incohérentes par rapport au français, au niveau syntaxique. En effet, les signes utilisés ne correspondent pas aux règles grammaticales du français. Par exemple, dans les phrases « je dors » et « nous dormons », le verbe signé est produit de façon similaire, non fléchie et est perçu visuellement comme « dormir ». Cependant, le Français Signé permet d'apporter à l'enfant sourd un soutien lexical visuel à la parole afin de faciliter sa compréhension (Dumont, 2005). Deux revues systématiques ont révélé un nombre restreint d'études démontrant des avantages de l'usage de signes en complément de la parole chez les enfants sourds (Fitzpatrick et al. 2016) et chez les enfants au développement typique (Fitzpatrick et al. 2014). En se basant sur les études incluses dans ces deux revues, les auteurs en ont conclu qu'aucune preuve convaincante n'indique que l'exposition à des gestes

symboliques est associée à des bénéfices dans l'acquisition de la langue vocale pour les enfants au développement typique et les enfants sourds (Fitzpatrick et al. 2014 ; 2016).

2.2. La Langue française Parlée Complétée (LfPC)

Le Cued Speech a été inventé par le Dr Erin Cornett en 1967, et adapté en français en 1980 sous le nom de Langue française Parlée Complétée (LfPC). Il s'agit d'un outil visuo-manuel d'aide à la lecture labiale représentant la structure phonologique de la langue vocale et à destination des personnes sourdes (Cornett, 1967). Le locuteur accompagne son articulation de configurations manuelles placées en différents emplacements autour des lèvres. L'association d'un geste manuel à la lecture labiale permet de rendre visibles tous les phonèmes de la langue, et de fournir une distinction pour les phonèmes qui possèdent une image labiale identique (par exemple, [b] et [m]). Le code LfPC se compose de 5 positions de la main autour du visage pour coder les sons vocaliques et de 8 configurations de la main pour coder les sons consonantiques du français. L'utilisation de la LfPC permet à la personne sourde de visualiser tous les sons du français sans ambiguïtés : la perception auditive est enrichie à l'aide de la perception visuelle.

Ainsi, les directives nationales à destination des parents d'enfants sourds et des professionnels concernant l'utilisation de ces outils préconisent l'utilisation de moyens impliquant les voies auditives et visuelles (HAS, 2009 ; Conseil scientifique de l'éducation nationale, 2021).

2.3.Autres outils et méthodes pour soutenir le développement linguistique de l'enfant sourd

D'autres outils, méthodes et programmes d'entrainements spécifiques peuvent être investis par les professionnels et/ou les parents pour soutenir le développement du langage parlé de l'enfant sourd.

Une partie de ces outils et méthodes a pour objectif de soutenir le développement phonologique de l'enfant sourd en exploitant plusieurs modalités sensorielles (auditive, visuelle ou encore proprioceptive). L'entraînement à la lecture labiale est par exemple couramment utilisé en clinique pour soutenir le développement de la communication chez les enfants sourds. En effet, la perception visuelle de la parole à partir des mouvements des articulateurs de la parole est une information cruciale pour compléter les informations auditives lacunaires et pour permettre une meilleure communication avec l'entourage. D'autres outils multimodaux sont utilisés dans le cadre clinique pour renforcer les

représentations phonologiques des enfants sourds. Parmi ceux-ci, la méthode verbo-tonale (Asp & Guberina, 1981), la Dynamique Naturelle de la Parole (DNP) (Segonzac, 1991) et la Langue en Mouvement (Andre-Faber, 2015) s'appuient sur les mouvements du corps, le rythme, l'intonation et l'amplification des sons pour soutenir la production de phonèmes isolés. Contrairement à la LfPC et au Français Signé, ces outils visent à améliorer les compétences phonologiques, et ne sont pas destinés à être utilisés pour la communication de façon continue, au rythme naturel de la parole.

Un autre outil de communication qui combine le Français signé et la LfPC est le Français Complet Signé et Codé (FCSC). Le principe est d'utiliser les clés manuelles de la LfPC et les signes de la LSF pour soutenir la parole. Un autre type d'outil qui se rapproche du Français Signé et qui vise à soutenir la communication et le développement lexical est le programme Makaton (Walker, 1972). Cet outil utilise un vocabulaire fonctionnel composé de signes et/ou de pictogrammes.

A l'inverse de ces outils basés sur la multimodalité, certains de ces outils et méthodes se concentrent sur l'audition et le développement des compétences auditives. En particulier, l'Auditory Verbal Therapy (AVT) (Pollack, 1970) est une approche centrée sur la famille qui soutient l'acquisition du langage vocal de l'enfant sourd à travers ses capacités d'écoute. Par ailleurs, l'entrainement musical est également utilisé en clinique pour le développement des compétences auditives et linguistiques des enfants sourds. En effet, des études ont montré que l'entrainement musical peut améliorer la perception de la parole et de la prosodie chez l'enfant sourd porteur d'implants cochléaires (pour une revue, voir Torppa & Huotilainen, 2019)

Il existe également des outils qui soutiennent le développement du langage écrit. En effet, la lecture interactive, également connue sous le nom de lecture partagée enrichie, est un dispositif qui a pour but d'encourager le développement du langage au départ du texte d'un livre, ce qui peut être particulièrement bénéfique pour soutenir le développement linguistique de l'enfant sourd. De plus, la dactylologie (l'alphabet de la LSF) est également utilisée pour soutenir l'apprentissage du langage écrit. Par ailleurs, les gestes de Borel Maisonny (Borel-Maisonny, 2019) incorporent des gestes pour représenter la forme écrite ou l'image articulatoire d'un phonème isolé dans le but de faciliter la mémorisation des graphèmes et de développer des capacités de transcodage grapho-phonémique.

Enfin, certains professionnels utilisent des logiciels informatiques (par exemple, le monde sonore d'Otto, Speechviewer , La souris bleue, etc.) afin d'atteindre certains objectifs thérapeutiques précis.

En conclusion, il existe un nombre important d'outils et méthodes pour soutenir le développement de la communication de l'enfant sourd. Certains sont conçus pour être utilisés à la fois par les parents et les professionnels (comme la LfPC, le Français Signé ou encore l'AVT), tandis que d'autres sont destinés à être utilisés plus spécifiquement dans le cadre thérapeutique par les professionnels (lecture labiale, Méthode Verbo-Tonale, DNP, Langue en Mouvement, FCSC, Makaton, entraînement musical, lecture interactive, dactylologie, gestes de Borel-Maisonny et logiciels informatiques). Il existe cependant peu de données sur l'usage effectif de ces outils par les parents d'enfants sourds et les professionnels qui les accompagnent, et sur les bénéfices observés.

3. Objectifs

La présente étude porte sur les outils d'aide à la communication en langue vocale utilisés avec les enfants sourds en France. Il s'agit de faire un état des lieux des pratiques orthophoniques et éducatives françaises chez les enfants sourds. Le premier objectif de cette étude est de décrire l'utilisation de tous les outils et méthodes utilisés par les professionnels et d'avoir des données quantitatives sur le pourcentage d'utilisation de chacun de ces outils et méthodes.

Le deuxième objectif consiste à comparer trois outils et méthodes pouvant être mis en place à la fois par les parents et par les professionnels : le Français Signé, la Langue française Parlée Complétée (LfPC) et l'Auditory Verbal Therapy (AVT). En effet, le Français Signé et la LfPC font partie des recommandations nationales pour favoriser l'accès à la langue orale chez l'enfant sourd au sein de sa famille et chez les professionnels (HAS, 2009). L'AVT, non mentionné dans ces recommandations, est un programme d'intervention précoce qui se base sur l'entrainement auditif et qui implique activement les parents et la famille dans le processus thérapeutique. Cette thérapie fait partie des recommandations gouvernementales dans un certain nombre de pays (par exemple, en Australie, au Canada, en Angleterre ou encore au Danemark) et son usage commence à se répandre en France. Ces outils pouvant être investis à la fois par les parents et les professionnels, ils sont susceptibles d'induire une bonne intensité et fréquence d'exposition, une bonne implication parentale, et une bonne continuité entre thérapie et vie familiale. Notre étude se concentre donc sur une analyse plus approfondie de ces trois outils et méthodes, en observant le point de vue à la fois des professionnels et des

parents d'enfants sourds. Cette étude portant spécifiquement sur le soutien à la communication vocale, la pratique de la Langue des Signes Française (LSF) n'en constitue pas un objet central. L'usage de cette langue par les professionnels et les parents a cependant été recensé.

4. Méthodologie

Deux enquêtes en ligne ont été élaborées à partir de la plateforme LimeSurvey. La première est à destination des professionnels de la surdité et la deuxième à destination des parents d'enfants sourds. Les participants sont invités à lire la notice d'information et à consentir à leur participation. Ils doivent ensuite répondre à un questionnaire pendant environ 20 minutes. À aucun moment, nous ne demandons l'identité du participant et les réponses sont strictement anonymes. Les participants ont été recrutés par l'intermédiaire du site internet du Centre National d'Information sur la Surdité[5], par la technique du « bouche-à-oreille » et par l'intermédiaire des réseaux sociaux. Les liens vers les questionnaires ont été envoyés par mail entre février et septembre 2021.

4.1. Élaboration des questionnaires

Étant donné qu'il ne préexiste pas de questionnaires validés et publiés, nous avons élaboré deux questionnaires originaux différents en fonction des deux populations cibles.

Le questionnaire pour les professionnels de la surdité est divisé en trois parties. La première partie comprend les informations personnelles et professionnelles et permet le recueil des informations propres à la profession du participant, son âge, son année de diplôme, le lieu, la région et l'environnement dans lequel il travaille et la fréquence de prise en charge des enfants sourds. La deuxième partie concerne les informations sur les outils d'aide à la communication. Les questions ont pour objectif de savoir quels sont les outils d'aide à la communication utilisés et connus par les professionnels de santé. Les participants ont également l'occasion de citer les variables à prendre en compte pour la mise en place d'un outil. Des questions relatives à l'usage de la LSF ont été posées dans la troisième partie du questionnaire.

Pour le questionnaire adressé aux parents d'enfants sourds, la première partie comprend les informations personnelles (région, nombre d'enfants dans la famille, langues parlées à la maison, etc.). La deuxième partie a pour objectif de cerner le profil de l'enfant sourd (âge,

[5] https://www.surdi.info/

genre, niveau scolaire, type d'enseignement, etc.) et de recueillir les informations concernant sa surdité (degré et type de surdité, âge du diagnostic et d'appareillage/implantation, type d'aide auditive, troubles associés, etc.). La troisième partie concerne les informations sur l'utilisation des outils d'aide à la communication au sein du foyer familial (Français Signé, LfPC et/ou AVT) et la satisfaction et les progrès langagiers observés par les parents grâce à ces outils. Pour finir, dans la quatrième partie du questionnaire, nous avons récolté des informations relatives à l'utilisation de la LSF à la maison.

Au final, le questionnaire pour les parents d'enfants sourds contient 66 questions et celui des professionnels contient 44 questions. Il est important de préciser que de nombreuses questions contiennent des « conditions », c'est-à-dire qu'elles ne sont pas automatiquement proposées à tous les participants (ce sont les réponses précédentes qui déterminent l'affichage ou non de chacune d'entre elles). Ainsi, les participants pour le questionnaire des parents d'enfants sourds sont amenés à répondre en moyenne au tiers du questionnaire et ceux pour le questionnaire des professionnels, en moyenne à la moitié des questions (+/- 22 questions au total).

Enfin, nous avons réalisé une étude « pilote » avec deux orthophonistes et deux enseignantes spécialisées dans la surdité chez l'enfant. Cela nous a permis de recueillir leur avis sur les enquêtes en ligne, d'évaluer la durée de leur administration et de repérer les écueils de formulation.

4.2.Participants

4.2.1. Professionnels (n = 246)

Tous les professionnels de la surdité étaient âgés de 20 à 70 ans et l'année du diplôme variait de 1974 à 2020 (M = 2005 ± 10.5 σ). Les professionnels travaillaient dans un centre (31% ; n = 79), dans des associations (27 % ; n = 69), dans un cabinet libéral (14 % ; n = 38), dans une école spécialisée (13 % ; n = 33) ou générale (8 % ; n = 20), en encore dans un hôpital (7 % ; n = 18). Au total, 103 orthophonistes, 57 enseignants spécialisés, 20 éducateurs, 14 psychologues, 11 psychomotriciens, 11 codeurs, 10 enseignants, 4 médecins ORL et 3 thérapeutes AVT ont participé à l'étude.

4.2.2. Parents (n = 215)

Les enfants sourds étaient âgés de 0 à 16 ans (M = 8.13 ans ± 4.2 σ) et avaient une surdité de type moyenne, sévère, profonde, cophose ou évolutive. L'âge du diagnostic de surdité variait

de 0 à 90 mois (M = 14.45 mois ± 16.16 σ). La langue utilisée à la maison était majoritairement le français (90%) mais certains parents utilisaient également la Langue des Signes Française (33%), ou encore l'espagnol, l'arabe, le portugais et la Langue des Signes Francophone de Belgique. Concernant les aides auditives, 90% des enfants du questionnaire sont porteurs d'aides auditives : 33% portaient des implants bilatéraux, 7% des implants unilatéraux, 34% des appareils bilatéraux, 5% des appareils unilatéraux et 21% des aides bimodales (implant cochléaire + appareil auditif).

4.3. Traitement de données

Les analyses statistiques ont été effectuées à partir de scripts développés avec le logiciel R (R Development Core Team, 2012). Différentes analyses ont été réalisées en fonction du type de questions (ouvertes ou à choix multiples) et de la population concernée par ces questions.

Le détail de ces analyses se trouve en Annexe 3 du manuscrit.

5. Résultats

Au total, 246 réponses des professionnels et 215 réponses des parents ont été récoltées.

5.1. Résultats concernant les professionnels

5.1.1. Outils et méthodes utilisés par les professionnels pour soutenir le développement de la communication de l'enfant sourd

La figure 1.2.1 indique le pourcentage d'utilisation de tous les outils investis par les professionnels pour soutenir la communication vocale (uniquement les personnes ayant répondu « *j'utilise cet outil avec des enfants sourds* »). Nous observons que six outils et méthodes sont utilisés à plus de 20% par les professionnels : le Français Signé (60%), la dactylologie (52%), la LfPC (46%), la lecture labiale (34%), les logiciels informatiques (28%) et les gestes de Borel-Maisonny (27%). De nombreux professionnels déclarent utiliser plusieurs outils. En effet, le nombre moyen d'outils utilisés par une personne est de 3.42 (± 2.37 σ).

En ce qui concerne les trois outils et méthodes pouvant être investis à la fois par les parents et les professionnels, les résultats des professionnels montrent que le Français Signé et la LfPC sont les deux outils majoritairement utilisés par les professionnels. Concernant l'AVT, cette méthode n'est presque jamais utilisée par les professionnels (1.22% ; n = 3).

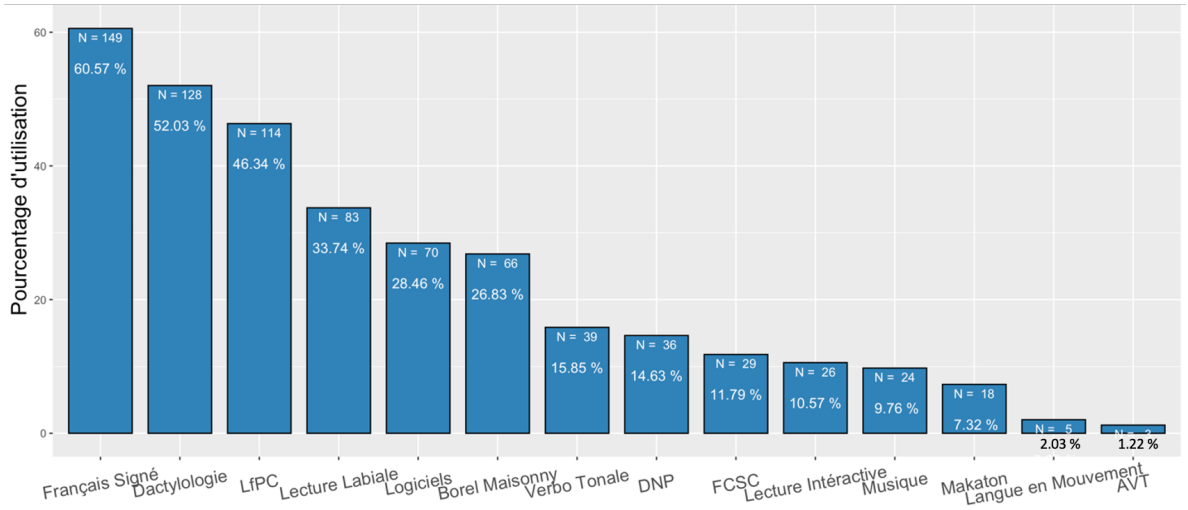


Figure 1.2.1. Pourcentage d'utilisation de tous les outils d'aide à la communication recensés dans la pratique clinique pour la rééducation langagière de l'enfant sourd (réponses des professionnels) – Figure 1 de l'article 1.

De nombreux professionnels rapportent que le choix des méthodes ou des outils les plus appropriés pour le développement linguistique de l'enfant est complexe, puisque dépendant de nombreuses variables. Une analyse qualitative d'une question ouverte nous a permis d'identifier les variables qui sont prises en compte par les professionnels dans la mise en place d'un outil d'aide à la communication en langue française. Les catégories les plus citées sont : le choix des parents et l'implication familiale (48% ; n = 77), les intérêts, besoins et appétences des enfants (25% ; n = 41), les handicaps associés ou non (18% ; n = 30), le projet linguistique précoce (15% ; n = 25), le niveau langagier de l'enfant (14% ; n = 23), la récupération auditive (14% ; n = 23), le degré de surdité (14% ; n = 23), l'âge de l'enfant (13% ; n = 21) et les capacités cognitives (9% ; n = 15).

Enfin, il est important de préciser que 50% (n = 117) des professionnels déclarent utiliser la Langue des Signes Française (LSF) avec les enfants sourds, 25% (n = 58) sont en cours d'apprentissage de cette langue et 25% ne l'utilisent pas (n = 60).

5.2. Résultats concernant les parents d'enfants sourds

5.2.1. Approches pour soutenir le développement de la communication de l'enfant sourd pouvant être investies par les professionnels et les parents

Les résultats montrent que 36% (n = 77) des parents n'utilisent aucun outil de communication pour soutenir la langue vocale de l'enfant sourd. Parmi ceux ayant investi un outil ou une méthode de communication à la maison, comme pour les professionnels, le Français Signé et la Langue française Parlée Complétée (LfPC) sont les deux outils majoritairement utilisés par

les parents (38.14% ; n = 82 et 23.72% ; n = 51, respectivement). Un nombre non négligeable de parents ont investi l'AVT à la maison (10.7% ; n = 23 vs. 1% chez les professionnels).

La Figure 1.2.2 représente le pourcentage d'utilisation des trois outils et méthodes qui visent à soutenir le développement de la communication vocale de l'enfant sourd (Français Signé, LfPC et AVT). Dans ces analyses, nous avons sélectionné uniquement les parents ayant répondu « *j'utilise cet outil avec mon enfant* ».

Enfin, concernant la communication signée, 37% (n = 78) des parents déclarent utiliser la LSF avec leur enfant sourd, 7% (n = 15) sont en cours d'apprentissage et 56% (n = 119) des parents ne l'utilisent pas avec leur enfant.

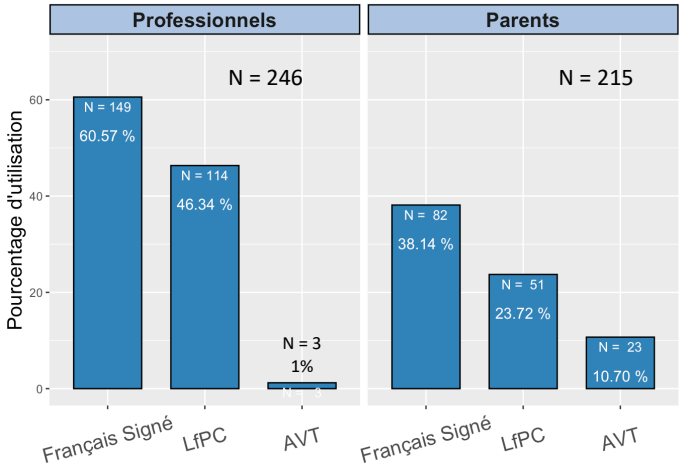


Figure 1.2.2. Pourcentage d'utilisation du Français Signé, de la LfPC et de l'AVT par les professionnels et les parents d'enfants sourds – Figure 2 de l'article 1.

5.2.2. Prise de connaissance des trois outils et méthodes pour le développement de la communication vocale

Pour les parents, le Français Signé et la LfPC se mettent principalement en place à la maison par le biais de professionnels (62.1% et 68.8%, respectivement). Concernant l'AVT, les parents ont majoritairement pris connaissance de cette méthode par le biais des réseaux sociaux (52.3%), des sites internet (27%) et d'une personne de l'entourage (12.6%). Ceci montre l'importance de la place des réseaux sociaux et d'internet dans le choix d'un outil d'aide à la communication. Seuls 8% des parents ont pris connaissance de cette thérapie par le biais de professionnels.

5.2.3. Satisfaction et progrès observés par les parents

La table 1.2.2 indique le pourcentage de satisfaction et le pourcentage de progrès observés par les parents grâce à l'outil utilisé. De manière générale, les parents sont satisfaits de ce qu'ils utilisent avec leurs enfants et remarquent des améliorations langagières chez eux.

Réponses des parents	Français Signé ; n = 119	LfPC ; n = 104	AVT ; n = 33
Satisfaction	87.07%	79.12%	97.98%
Améliorations langagières observées	75.91%	71.79%	96.97%

Table 1.2.2. Progrès observés et satisfaction des parents d'enfants sourds vis-à-vis des outils qu'ils utilisent – Table 1 de l'article 1.

Les tests de comparaisons multiples entre le pourcentage de satisfaction (variable dépendante) et le type d'outils utilisés (variable indépendante) révèlent que le score de satisfaction des parents est significativement plus élevé dans le groupe des parents qui utilisent l'AVT que dans le groupe des parents qui utilisent le Français Signé ou la LfPC à la maison (respectivement $p < .001$; $p < .001$).

Pour le score de progrès observés par les parents, les tests de comparaisons multiples entre le pourcentage de progrès observés (variable dépendante) et l'outil utilisé (variable indépendante) montrent également une différence significative entre les trois groupes : les parents qui utilisent l'AVT à la maison remarquent significativement plus de progrès langagiers chez leur enfant que les parents qui utilisent le Français Signé ou la LfPC (respectivement $p < .001$; $p < .001$).

Concernant les améliorations langagières, nous avons analysé les réponses des parents qui remarquent des progrès langagiers et qui ont répondu à la question ouverte.

Pour le Français Signé (n = 40), ces améliorations concernent la communication de manière générale (52.5%), le développement de la compréhension (20%) et le développement du lexique (17.5%). Quelques parents considèrent le Français Signé comme un bon outil pour la transition vers la LSF (17.5%) et une aide précieuse avant l'acquisition du langage oral (7.5%).

Pour les parents qui utilisent le code LfPC à la maison et qui ont répondu à la question (n = 48), les améliorations concernent essentiellement le développement de la phonologie et de l'articulation (29%), le développement du langage écrit (23%), la diminution des confusions auditives (23%), le développement de la compréhension orale (19%), la construction du

langage (10.5%), les compétences en lecture labiale (8%) et le développement du lexique (6%).

Enfin, les parents qui utilisent la Thérapie AVT (n = 22) font référence au fait que l'enfant a rattrapé son retard langagier et que les résultats scolaires sont comparables aux enfants normo-entendants (45.5%). Les parents observent également une amélioration de la mémoire, l'attention et la récupération auditive (27%), une meilleure compréhension (dans le bruit et de manière générale) (23%), ainsi que de meilleures performances morphosyntaxiques (18%), lexicales (18%) et articulatoires (13.5%).

6. Discussion et conclusion

Nous avons interrogé 215 parents d'enfants sourds et 246 professionnels de la surdité sur leurs pratiques cliniques et éducatives avec les enfants sourds, au regard de l'utilisation des outils d'aide à la communication en langue française. Dans un premier temps, une analyse sur le pourcentage de tous les outils d'aide à la communication utilisés par les professionnels a été réalisée. Nous avons ensuite ciblé nos analyses sur trois outils et méthodes qui peuvent être investis à la fois par les professionnels et les parents: le Français Signé (outil de communication qui accompagne la parole par des signes lexicaux de la LSF), la Langue française Parlée Complétée (LfPC, outil visuo-manuel qui complète la parole par des clés manuelles dans le but de compléter la lecture labiale) et l'Auditory Verbal Therapy (AVT, thérapie qui renforce les compétences auditives en impliquant activement les parents dans la thérapie). A notre connaissance, aucune étude n'a recensé et comparé l'utilisation de ces outils et méthodes de communication en France ou ailleurs.

Les données indiquent que les professionnels de la surdité sont confrontés à l'utilisation de divers outils et méthode de communication dans leur pratique clinique avec les enfants sourds. Les résultats révèlent que le Français Signé est l'outil le plus couramment utilisé par les professionnels et les parents, en comparaison avec d'autres outils et méthodes visant à soutenir la communication en langue française. En revanche, à notre connaissance, seules deux études ont démontré que l'utilisation simultanée du signe et de la parole soutient le développement du lexical chez les enfants sourds (van Berkel-van Hoof et al., 2016) et l'apprentissage de nouveaux mots (Giezen et al., 2014) chez les enfants sourds. Aucune étude n'a montré un bénéfice du Français Signé sur le développement phonologique. Par comparaison, l'apport d'une exposition à la LfPC a été plus amplement étudié en France et en Belgique et les données de la littérature montrent qu'une exposition précoce à ce code a un

impact positif sur le développement de la perception et de la production de parole des enfants sourds, y compris pour la parole sans gestes de la LfPC (Aparicio et al., 2012 ; Leybaert and LaSasso, 2010 ; Kos et al., 2009 ; Périer et al., 1990 ; Machart et al., 2022). Cette exposition précoce à la LfPC est également bénéfique pour divers aspects du développement linguistique des enfants sourds, tels que la conscience phonologique (Charlier & Leybaert, 2000), la morphosyntaxe (Leybaert & LaSasso, 2010), le lexique (Hage, 1994), la mémoire à court terme (Charlier, 1994) et le langage écrit (Charlier & Leybaert, 2000). Pourtant, l'utilisation de la LfPC par les professionnels et les parents demeure inférieure à celle du Français Signé. Ainsi, il existe une contradiction entre les données probantes de la littérature et l'utilisation actuelle des outils d'aide à la communication en langue française dans la pratique orthophonique et éducative en France.

Par ailleurs, il est important de souligner qu'actuellement l'AVT, qui ne figure pas dans les directives nationales, est utilisée par seulement trois professionnels ayant répondu au questionnaire en France (1%). Néanmoins, de plus en plus de parents en France utilisent cette thérapie avec leur enfant sourd (11%) et ces parents semblent en être entièrement satisfaits et rapportent de nombreux progrès langagiers chez leur enfant. Une explication pourrait être que les parents utilisant l'AVT ont choisi librement cette méthode, alors que les parents qui utilisent la LfPC ou le Français Signé à la maison ont suivi les recommandations nationales pour le développement linguistique audio-phonatoire de l'enfant sourd. Cela montre que certains parents sont insatisfaits des outils d'aide à la communication proposés par les professionnels et veulent remettre en question les directives nationales qui recommandent l'utilisation d'outils multisensoriels pour le développement de la communication vocale avec les enfants sourds. Il y a également une volonté de prendre une part plus importante dans la prise en charge de leur enfant sourd de la part de certains parents. Le fait que les parents accèdent à la thérapie AVT via les réseaux sociaux et sites internet plutôt que par l'intermédiaire des professionnels renforce possiblement leur sentiment de réappropriation de la démarche thérapeutique. Cependant, même si la littérature scientifique semble montrer des bénéfices de cette thérapie sur le développement du langage et de la parole, les données sont encore limitées et des biais expérimentaux ont été relevés dans les différentes études (Binos et al., 2021; Kaipa & Danser, 2016). Il apparait donc urgent de mettre en place des études quantitatives d'ampleur, pour évaluer les bénéfices éventuels de cette approche.

En ce qui concerne les progrès observés par les parents, différents types d'améliorations langagières ont été relevés par les parents en fonction des trois approches. En effet, les parents qui utilisent le Français Signé à la maison mentionnent une amélioration de la communication

générale. D'autre part, les parents qui utilisent le code LfPC font référence à des améliorations phonologiques. Quant aux parents qui ont choisi l'AVT, ils ont tendance à comparer les performances linguistiques de leur enfant à celles des enfants normo-entendants, mettant en avant le fait que leur enfant a réussi à rattraper son retard linguistique. Encore une fois, les apports spécifiques de chaque méthode demandent à être objectivés.

Dans notre enquête, les professionnels soulignent l'importance de l'implication des parents et la prise en compte des intérêts de l'enfant dans ce processus de mise en place d'un outil d'aide à la communication. Pourtant, seuls deux tiers des parents déclarent utiliser un outil à la maison. Il est crucial que les professionnels sensibilisent les parents à l'importance de mettre en place des outils et méthodes de communication avec leur enfant sourd. Ainsi, dès l'annonce du diagnostic de surdité, il est essentiel que les professionnels présentent aux familles toutes les possibilités de communication pour leur enfant sourd, en prenant en compte les réels besoins de l'enfant et de la famille, tout en exposant les bénéfices et les contraintes de chaque option (Langue des Signes, Français Signé, Langue française Parlée Complétée, AVT, etc.). Ainsi, les familles peuvent faire leur choix de manière objective et éclairée en ce qui concerne le(s) mode(s) de communication à mettre en place à la maison.

7. Limites de l'étude

L'utilisation de questionnaires en ligne présente certaines limites. Premièrement, les participants peuvent répondre de manière biaisée en donnant une image positive d'eux-mêmes, ce qui va souvent dans le sens de ce qui est socialement désirable ou acceptable. Deuxièmement, un biais d'échantillonnage peut être présent. Certains groupes d'âge et groupes socio-économiques sont plus difficiles à atteindre via Internet. La proximité géographique pourrait également avoir joué un rôle (par exemple, nous avons recueilli plus de réponses de la région Auvergne Rhônes Alpes).

Troisièmement, il est difficile de savoir si les participants ont bien compris la question et y ont répondu correctement. En effet, certaines questions semblent évidentes pour la personne qui rédige les questionnaires, alors qu'elles le sont moins pour les personnes qui y répondent. Une confusion qui est fréquente réside dans la distinction entre les termes « Français Signé » et « Langue des Signes Française ». Cette confusion pourrait jouer un rôle dans la fiabilité des réponses. Par ailleurs, il est difficile de savoir à quel point les réponses des parents sont fiables, car certaines réponses sur la mise en place d'un outil spécifique avec leur enfant sourd semblaient incohérentes, étant donné l'âge de l'enfant (par exemple, certains parents

affirmaient qu'ils utilisaient des logiciels informatiques destinés aux jeunes adolescents avec des enfants en bas âge).

Enfin, l'implication parentale pourrait être un facteur confondant avec le pourcentage de satisfaction et de progrès observés par les parents vis-à-vis des outils qu'ils utilisent.

8. Perspectives futures

Cette étude révèle un hiatus entre l'usage de certains outils de soutien à la communication vocale et le manque de données probantes sur leur efficacité. Elle souligne le besoin crucial de recherches futures évaluant ces outils et méthodes, par la collecte de données quantitatives sur l'apport de ces outils pour le développement de la production et de la perception de la parole, mais aussi sur les facteurs qui déterminent leur acceptabilité et leur application, tant pour les familles que pour les professionnels. Les recommandations fondées sur des données probantes pour la rééducation langagière et le soutien scolaire des enfants sourds devront inclure ces différents paramètres.

9. Remerciements

Nous remercions les participants pour leur coopération, ainsi que les personnes ayant participé à la diffusion des questionnaires. Cette étude est menée dans le cadre du consortium européen Comm4CHILD : *Communication for Children with Hearing Impairment to optimise Language Development* (Marie Sklodowska- Curie grant agreement n°860755).

10. Références

André-Faber, C. (2015). La langue en mouvements: Méthode de sensibilisation à la phonologie du français. EME éditions.

Asp, C. W., & Guberina, P. (1981). Verbo-tonal Method for Rehabilitating People with Communication Problems. International Exchange of Information in Rehabilitation, World Rehabilitation Fund. New York, USA.

Binos, P., Nirgianaki, E., & Psillas, G. (2021). How Effective Is Auditory-Verbal Therapy (AVT) for Building Language Development of Children with Cochlear Implants? A Systematic Review. Life (Basel, Switzerland), 11(3), 239. https://doi.org/10.3390/life11030239

Borel-Maisonny, S. (2019). Langage oral et écrit. Pédagogie des notions de base. Lecture—Orthographe—Ecriture—Calcul. Bien Lire. ISBN 978-2-7101-3972-0

Capirci, O., Iverson, J. M., Montanari, S., & Volterra, V. (2002). Gestural, signed and spoken modalities in early language development: The role of linguistic input. Bilingualism: Language and Cognition, 5(01). https://doi.org/10.1017/S1366728902000123

Charlier, B. (1994). Le développement des représentations phonologiques chez l'enfant sourd: étude comparative du langage parlé complété avec d'autres outils de communication (Unpublished doctoral dissertation). Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences psychologiques et de l'éducation, Bruxelles.

Charlier, B., & 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

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

Conseil scientifique de l'Education Nationale (2021). Rapport du Conseil scientifique de l'Education Nationale par Colin, S., Geraci, C., Leybaert, J. & Petit, C. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/WEB_La_scolarisation_des_eleves_sourds_en_France.pdf

Cornett, R. O. (1967). Cued Speech. American Annals of the Deaf, 112(1), 3–13.

Dumont, A. (2005). Interventions précoces en orthophonie dans le domaine des surdités de l'enfant. Glossa, 4–11.

Fitzpatrick, E. M., Thibert, J., Grandpierre, V., & Johnston, J. C. (2014). How HANDy are baby signs? A systematic review of the impact of gestural communication on typically developing, hearing infants under the age of 36 months. First Language, 34(6), 486-509. https://doi.org/10.1177/0142723714562864

Fitzpatrick, E. M., Hamel, C., Stevens, A., Pratt, M., Moher, D., Doucet, S. P., Neuss, D., Bernstein, A., & Na, E. (2016). Sign Language and Spoken Language for Children With Hearing Loss: A Systematic Review. Pediatrics, 137(1), 10.1542/peds.2015-1974. https://doi.org/10.1542/peds.2015-1974

Giezen, M. R., Baker, A. E., & Escudero, P. (2014). Relationships between spoken word and sign processing in children with cochlear implants. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 19(1), 107–125. https://doi.org/10.1093/deafed/ent040

Habib, M. G., Waltzman, S. B., Tajudeen, B., & Svirsky, M. A. (2010). Speech production intelligibility of early implanted pediatric cochlear implant users. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 74(8), 855–859. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2010.04.009

Hall, M. L., Hall, W. C., & Caselli, N. K. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. First Language, 39(4), 367–395. https://doi.org/10.1177/0142723719834102

HAS. (2009). Surdité de l'enfant: Accompagnement des familles et suivi de l'enfant de 0 à 6 ans, hors accompagnement scolaire. Saint-Denis La Plaine.

Kaipa, R., & Danser, M. L. (2016). Efficacy of auditory-verbal therapy in children with hearing impairment: A systematic review from 1993 to 2015. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 86, 124–134. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.04.033

Leybaert, J., & D'hondt, M. (2003). Neurolinguistic development in deaf children: The effect of early language experience. International Journal of Audiology, 42(sup1), 34–40. https://doi.org/10.3109/14992020309074622

Leybaert, J., & LaSasso, C. J. (2010). Cued Speech for Enhancing Speech Perception and First Language Development of Children With Cochlear Implants. Trends in Amplification, 14(2), 96–112. https://doi.org/10.1177/1084713810375567

Leybaert, J. & Borel, S., (2020). Surdités de l'enfant et de l'adulte: Bilans et interventions orthophoniques (1er édition). De Boeck Supérieur. ISBN 9782807323216

Mugnier, S. (2006). Surdités, plurilinguisme et Ecole Approches sociolinguistiques et sociodidactiques des bilinguismes d'enfants sourds de CE2. Linguistique. Université Stendhal - Grenoble III, 2006. Français.

Périer, O.; Charlier, B.; Hage, C.; Alegría, J. Evaluation of the Effects of Prolonged Cued Speech Practice Upon the Reception ofSpoken Language 1. Cued Speech J. 1988, 1, 616–625

Pollack, D. (1970). Educational audiology for the limited hearing infant. Springfield, IL : Charles C. Thomas.

Segonzac, M. D. de. (1991). Pour que vibre la dynamique naturelle de la parole. Editions E.Robert.

Torppa, R., & Huotilainen, M. (2019). Why and how music can be used to rehabilitate and develop speech and language skills in hearing-impaired children. Hearing Research, 380, 108–122. https://doi.org/10.1016/j.heares.2019.06.003

van Berkel-van Hoof, L., Hermans, D., Knoors, H., & Verhoeven, L. (2016). Benefits of augmentative signs in word learning: Evidence from children who are deaf/hard of hearing and children with specific language impairment. Research in Developmental Disabilities, 59, 338–350. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.09.015

Yoshinaga-Itano, C., Sedey, A., Coulter, D., & Mehl, A. (1998). Language of Early- and Later-identified Children With Hearing Loss. Pediatrics, 102, 1161–1171. https://doi.org/10.1542/peds.102.5.1161

Analyses supplémentaires sur l'accompagnement parental

Point de vue des professionnel·le·s

Parmi les professionnel·le·s interrogé·e·s et ayant répondu à la question sur l'utilisation de l'accompagnement parental dans leur profession (n = 242), 64% l'utilisent « tout le temps », 19% l'utilisent « parfois » et 17% ne l'utilisent « pas du tout ». Une question ouverte nous a permis de définir de quelle manière les professionnels utilisent l'accompagnement parental. Les réponses de 171 professionnel·le·s ayant répondu à cette question ont été analysées et réparties en plusieurs catégories :

- Organisation d'entretiens et de rendez-vous avec les parents : 33% (n = 56)
- Présence des parents lors des séances de rééducation (surtout chez les enfants plus jeunes) : 26% (n = 45)
- Accompagnement des parents dans le choix du projet linguistique pour l'enfant et dans les techniques et outils à mettre en place dans la vie quotidienne (explication des enjeux et objectifs des aides à la communication) et mise en place d'un environnement linguistique propice à la communication : 24.5% (n = 42)
- Création de fiches et conseils pour les parents : 17% (n = 29)
- Explication des conséquences de la surdité sur le développement de leur enfant et transmission d'informations sur la surdité : 11.5% (n = 20)
- Organisation de séances à domicile : 5% (n = 9)
- Mise en place d'un cahier de vie : 4.5% (n = 8)

Nous avons également interrogé les professionnel·le·s sur leur sentiment d'être assez formés pour prendre en soins un enfant sourd (n = 222). Les résultats montrent que 32% (n = 71) déclarent être parfaitement formés grâce aux diverses formations, aux échanges avec l'équipe pluridisciplinaire, aux colloques sur la surdité et aux lectures scientifiques. Le travail pluridisciplinaire est très important pour s'enrichir et échanger sur les outils et nouvelles méthodes. De plus, certain·e·s professionnel·le·s mentionnent que de nombreuses informations se trouvent sur internet. Cependant, 59% (n = 131) des professionnel·le·s ne se sentent « pas tout à fait » formés et 9% (n = 20) ne se sentent « pas du tout » formés. En effet, certain·e·s professionnel·le·s déclarent qu'ils·elles manquent de connaissance et de formation concernant les outils d'aide à la communication les plus adaptés pour les enfants sourds. La population dans laquelle ils·elles travaillent est hétérogène et les profils linguistiques rencontrés sont très différents. Il est donc difficile de se spécialiser dans un domaine aussi précis que la surdité chez l'enfant. De plus, certain·e·s affirment ne pas connaître tous les

outils cités dans le questionnaire. Le manque de temps, de formation initiale et continue, de budget et d'expérience sont aussi mentionnés parmi les professionnel·le·s.

Point de vue des parents

Une question à choix multiple nous a permis de savoir si les parents se sentent assez accompagnés dans la mise en place d'un environnement linguistique adapté à aux besoins de leur enfant. Les résultats montrent que 38% (n = 79) des parents se sentent suffisamment renseignés sur les différents outils d'aide à la communication qui existent et suffisamment accompagnés pour la mise en place d'un environnement adapté à votre enfant. En effet, les parents témoignent que les professionnels sont compétents, à l'écoute, adaptés et impliqués dans la rééducation de l'enfant. Cependant, 38% (n = 79) ne se sentent pas tout à fait assez accompagnés dans le développement du langage de leur enfant sourd par les professionnels et 24% (n = 48) ne sentent pas du tout suffisamment accompagnés. Certains parents expliquent cela par le fait que les professionnels ne sont pas d'accord entre eux et que la mise en place d'un outil ou d'un mode de communication est parfois dépendante des croyances et des intérêts des professionnel·le·s. Par ailleurs, certains parents ne se sentent pas assez renseignés sur la surdité et ses conséquences et doivent parfois aller chercher les informations ailleurs (par exemple, sur les réseaux sociaux, les sites internet spécialisés en surdité ou les associations de parents).

2.5. En résumé

La prise en charge pluridisciplinaire est fondamentale pour soutenir le développement de la parole des enfants sourds. Cette prise en charge doit inclure les parents étant donné qu'un autre facteur susceptible d'influencer les compétences en parole des enfants sourds est l'implication et l'accompagnement parental. Certains parents font le choix d'une communication signée, souvent associée à une vision socioculturelle de la surdité, c'est-à-dire qu'ils considèrent la surdité comme faisant partie de l'identité culturelle de l'individu (Senghas & Monaghan, 2002). D'autres font le choix d'une communication en langue vocale, associée à une perspective plus audiologique de la surdité, et souvent liée à la langue parlée des parents. En effet, 95% des enfants sourds naissent dans des foyers où seule la langue vocale est utilisée (Hall et al., 2019) et la plupart des parents choisissent un mode de communication qui permet à leur enfant de développer la langue familiale. En fournissant aux parents des informations objectives et en les accompagnant tout au long du parcours de prise en charge, les professionnel·le·s peuvent contribuer à créer un environnement favorable au développement linguistique et social de l'enfant sourd. Cette approche impliquant les parents et s'appuyant sur des données probantes est essentielle pour le développement du langage et de la parole de l'enfant sourd.

Il est par ailleurs important d'inclure les parents lors de la mise en place d'outils d'aide à la communication avec l'enfant sourd. L'état des lieux sur les outils d'aide à la communication ayant interrogé 215 parents d'enfants sourds et 246 professionnel·le·s de la surdité met en évidence une très grande diversité d'outils et méthodes utilisés par les professionnel·le·s. Les deux outils les plus couramment utilisés par les parents et les professionnel·le·s sont ceux recommandés par la Haute Autorité de Santé (HAS, 2009), c'est-à-dire, le Français Signé et la Langue française Parlée Complétée (LfPC). Par contraste, l'Auditory Verbal Therapy (AVT), qui n'est pas incluse dans ces recommandations ni présente dans la formation initiale des orthophonistes en France, est très peu pratiquée en France et est davantage utilisée par les parents que par les professionnel·le·s. La majorité des parents qui utilisent l'AVT ont découvert cette approche par une démarche personnelle, principalement via les réseaux sociaux ou les sites internet. La satisfaction envers cette thérapie des parents utilisant l'AVT est plus élevée que celle des parents ayant investi la LfPC ou le Français Signé à la maison. Cette étude montre également que tou·te·s les professionnel·le·s de la surdité ne se sentent pas suffisamment formé·e·s au domaine spécifique de la surdité. Cette situation pourrait influencer le ressenti des parents quant à la qualité de l'accompagnement fourni par les

professionnel·le·s, étant donné que certains parents ne se sentent pas assez soutenus pour mettre en place un environnement linguistique adapté à leur enfant.

La LfPC et le Français Signé sont des outils qui utilisent plusieurs modalités (audition et vision) pour soutenir le développement du langage et de la parole chez l'enfant sourd, tandis que l'AVT se concentre sur le renforcement de l'audition. Ainsi, cette étude soulève une question fondamentale : **« est-ce qu'un outil de communication multimodal ou centré sur l'audition peut favoriser le développement de la parole chez l'enfant sourd ? ».**

Pour répondre à cette question, le contexte scientifique porte sur deux théories pour soutenir le développement de la parole chez l'enfant sourd (théorie du renforcement de l'audition et théorie de la multimodalité). Nous passerons ensuite en revue les études qui ont montré des apports de la LfPC et de l'AVT sur la perception et la production de parole, ainsi que sur la mémoire de travail.

3. Fondements théoriques de deux approches pour soutenir le développement de la parole de l'enfant sourd

Certaines approches pour soutenir le développement du langage et de la parole destinées aux enfants sourds diffèrent en fonction de l'utilisation exclusive de l'audition (approche du renforcement des compétences auditives) ou de la combinaison simultanée de l'audition et de la vision (approche multimodale). Ces différences découlent des théories sous-jacentes relatives au traitement unisensoriel ou multisensoriel de la parole (McDaniel et al., 2018).

3.1. L'Auditory Verbal Therapy (AVT)

3.1.1. Théorie du renforcement auditif pour le développement de la parole

Doreen Pollack, Ciwa Griffiths, Helen Beebe, et Daniel Ling sont considérés comme les pionnier·ère·s de l'approche unisensorielle (Estabrooks et al., 2020).

Les théories du renforcement de l'audition recommandent de limiter la stimulation visuelle afin d'encourager l'enfant à se concentrer sur l'audition résiduelle (Goldberg 1993 ; Ling 1993). Elles ont émergé en Autriche et aux États-Unis au début des années 1920 avec les travaux de Viktor Urbantschitsch et Max Goldstein sur « la méthode acoustique », qui mettait l'accent sur le blocage de la vue du visage de l'orateur·rice et sur l'utilisation de mégaphones pour amplifier le son (Pollack, 1970). Ainsi, certain·e·s chercheur·e·s soutiennent qu'une approche renforçant les compétences auditives est plus efficace pour le développement de la parole chez l'enfant sourd, favorisant ainsi l'acquisition de compétences langagières dans les normes attendues pour son âge (Power & Hyde, 1997). Selon eux·elles, la combinaison des informations visuelles (par exemple, les lèvres ou les signes) avec les informations auditives peut entrer en conflit avec le traitement auditif chez l'enfant sourd et le perturber. En effet, la position en faveur de cette approche affirme que le fait de donner accès à des données visuelles, en particulier à l'image labiale, inhiberait la capacité d'un enfant sourd à traiter des informations auditives, en raison d'une dépendance excessive à l'égard des indices visuels (Pollack, 1970). Dans son livre (p. 18), Pollack déclare « *there can be no compromise, because once emphasis is made upon looking, there will be divided attention and the unimpaired modality, vision, will be victorious* »[6] (cité par McDaniel et al., 2018). Par ailleurs, Griffiths et al. (1973) affirme « *it now seems possible that the introduction of*

[6] Traduction en français : « Il ne peut y avoir de compromis, car si l'on met l'accent sur le "regard", l'attention sera divisée et la modalité non altérée, la vision, sera victorieuse »)

amplified sound is related to the reversal of loss in these infants »[7] (cité par Battie dans le livre de Spencer and Marchak, 2006). En conséquence, les partisan·e·s de l'approche du renforcement de l'audition soutiennent l'idée que l'accès aux informations visuelles (lecture labiale, gestes ou autres indices visuels) devrait être limité. Enfin, Beebe et al. (1984) énonce « *In order to force the child to attain his maximal use of residual hearing, we eliminate lip reading cues... This is a crucial departure from traditional oral or oral-aural teaching which from the beginning presents speech/language in a multisensory fashion. Given a choice, the child would certainly use his unimpaired sense, sight, rather than the weaker sense, hearing. Parents and therapists working with the child are expected to cover their mouths or to avoid having the child visually focus on the lips during speech-language stimulation, whether during a lesson or incidental learning.*»[8] (Beebe et al., 1984).

Les déclarations de ces auteur·e·s sont rarement corroborées par des études scientifiques et de nombreux arguments sont tirés d'anecdotes, d'observations et d'études de cas de la part des chercheur·euse·s et clinicien·ne·s (Power & Hyde, 1997).

Les études sur les conséquences cérébrales de la privation sensorielle et la plasticité neuronale ont également été utilisées pour argumenter l'utilisation d'une approche qui renforce les compétences auditives pour soutenir le développement de la parole. En effet, comme mentionné dans la section 1.2.1 du contexte scientifique (contribution de l'implant cochléaire sur le développement cérébral), il a été montré que la privation auditive peut avoir des conséquences importantes sur la connectivité fonctionnelle du cerveau et la croissance du système auditif. Ainsi, il existe une réorganisation cérébrale intermodale, dans laquelle des modalités sensorielles intactes (c'est-à-dire la vision et le toucher) recrutent des régions corticales associées à des modalités sensorielles déficientes (c'est-à-dire l'audition) chez les enfants sourds (Sharma et al., 2015). Certain·e·s auteur·e·s ont émis l'hypothèse que cette plasticité multimodale visuelle-auditive est un facteur qui empêche le développement des compétences auditives, car les informations visuelles interfèrent avec le traitement auditif (Lee et al., 2001). Ceci pourrait suggérer que la plasticité intermodale puisse nuire aux

[7] Traduction en français : « Il semble maintenant possible que l'introduction du son amplifié soit liée à la réversibilité de la perte chez ces jeunes enfants ».

[8] Traduction en français : « Afin de forcer l'enfant à utiliser au maximum son audition résiduelle, nous éliminons les indices de lecture labiale... Il s'agit là d'un changement radical par rapport à l'enseignement oral ou oral-auditif traditionnel qui, dès le début, présente la parole et le langage de manière multisensorielle. S'il avait le choix, l'enfant utiliserait certainement son sens intact, la vue, plutôt que son sens plus faible, l'ouïe. Les parents et les thérapeutes qui travaillent avec l'enfant doivent se couvrir la bouche ou éviter que l'enfant se concentre visuellement sur les lèvres pendant la stimulation orthophonique, que ce soit au cours d'une leçon ou d'un apprentissage informel. ».

performances auditives chez les personnes sourdes, et qu'un entrainement auditif et intensif pourrait réduire l'influence de la vision sur le traitement auditif. En effet, les résultats de l'étude de Zupan & Sussman (2009) indiquent que les enfants sourds qui ont bénéficié d'une thérapie intensive axée sur l'audition ont développé une préférence pour les stimuli auditifs, similaire à celle observée chez les enfants entendants. Les auteures en concluent que « *[this finding] lends support to an auditory emphasis for habilitation. If infants and young children prefer auditory stimuli in processing, then auditory approaches to training may support their learning and perhaps contribute to maintenance of the auditory function of primary and secondary cortical areas instead of their being used for visual tasks.* »[9] (Zupan & Sussman, 2009).

Ainsi, les approches qui renforcent l'audition se différencient des autres approches qui utilisent la multisensorialité de la parole en mettant l'accent sur l'entrainement auditif et en limitant l'utilisation des autres indices visuels. Bien que quelques modifications aient été apportées (notamment sur l'interdiction stricte d'utiliser la lecture labiale), les recommandations spécifiques pour favoriser le développement auditif chez les enfants sourds font partie intégrante des programmes de rééducation du langage dans certains pays (notamment les pays anglo-saxons). En effet, l'utilisation de l'audition comme principale modalité sensorielle est essentielle dans le cadre de l'Auditory Verbal Therapy (AVT). Les thérapeutes AVT privilégient initialement les informations auditives exclusivement (par exemple, en prononçant un mot sans que l'enfant puisse voir la bouche) et introduisent ensuite des informations visuelles seulement si elles sont nécessaires à la compréhension. Ainsi, l'accent est mis sur l'apport auditif avant d'envisager un apport multisensoriel incluant l'auditif et le visuel (si celui-ci s'avère indispensable). Dans ce contexte, l'approche multisensorielle est considérée comme une option de dernier recours et moins préférable (McDaniel & Camarata, 2017).

Cependant, il est important de préciser que les preuves scientifiques sur les bénéfices d'une approche centrée sur l'audition restent aujourd'hui limitées (McDaniel et al. 2018).

3.1.2. Principes et fondements de l'AVT

L'Auditory Verbal Therapy (approche auditive et verbale ou thérapie centrée sur l'audition, AVT) est une méthode créée en 1970 par Doreen Pollack. Elle est couramment utilisée et

[9] Traduction en français : « [Ce résultat] soutient l'idée de mettre l'accent sur l'audition dans le cadre de la rééducation. Si les nourrissons et les jeunes enfants préfèrent traiter les stimuli auditifs, alors les approches auditives de rééducation peuvent soutenir leur apprentissage et peut-être contribuer au maintien de la fonction auditive des aires corticales primaires et secondaires au lieu de les utiliser pour des tâches visuelles. »

recommandée par les agences nationales de santé dans certains pays (par exemple, Canada, Australie, États-Unis, Royaume-Uni, Danemark) et s'est mise en place dans ces pays principalement grâce à l'arrivée du dépistage universel de la surdité chez le nouveau-né, de la technologie des implants cochléaires et des témoignages des parents via internet (Rhoades, 2006).

L'association qui fait référence dans le domaine de l'AVT est l'Alexander Graham Bell Academy. Elle définit l'Auditory Verbal Therapy comme une méthode qui soutient l'acquisition du langage vocal du nourrisson et du jeune enfant sourd à travers ses capacités d'écoute. L'AVT est un programme de *coaching* centré sur la famille. Les parents, présents à chaque séance, sont encouragés à utiliser des stratégies auditives et verbales dans la vie de tous les jours afin de stimuler les compétences auditives de leur enfant (Dettman, 2010) (voir Annexe 4 pour des exemples de stratégies auditives et verbales). Ces stratégies facilitent le développement de l'écoute, du langage réceptif et expressif et des capacités de réflexion, et elles peuvent être facilement intégrées dans la vie quotidienne.

Les thérapeutes LSLS Cert. AVT (Listening and Spoken Language Specialist Certified AVT) s'engagent à respecter les 10 principes énoncés par l' « AG Bell Academy for Listening and Spoken Language »:

1. Promouvoir le diagnostic précoce de la perte auditive du nourrisson et du jeune enfant, suivi immédiatement par une prise en charge audiologique et AVT.
2. Recommander immédiatement une évaluation audiologique et l'usage d'aides auditives à la pointe de la technologie pour obtenir des bénéfices maximums de la stimulation auditive.
3. Guider et coacher les parents à aider leur enfant dans l'utilisation de l'audition comme modalité sensorielle principale et première dans le développement de l'écoute et du langage oral.
4. Guider et coacher les parents à devenir les médiateurs principaux du développement de l'écoute et du langage oral de leur enfant à travers une participation active et constante dans une thérapie auditivo-verbale individualisée.
5. Guider et coacher les parents dans la création d'environnements qui soutiennent l'écoute pour l'acquisition du langage oral à travers les activités quotidiennes de l'enfant.
6. Guider et coacher les parents à aider leur enfant à intégrer l'écoute et le langage oral dans tous les aspects de sa vie quotidienne.

7. Guider et coacher les parents à utiliser les modèles développementaux de l'audition, de la parole, du langage, de la cognition et de la communication.
8. Guider et coacher les parents à aider leur enfant vers l'autonomie face au langage oral à travers l'écoute.
9. Proposer des évaluations formelles et informelles pour élaborer un plan d'intervention AVT individualisé, mesurer les progrès et évaluer l'efficacité de la prise en charge pour l'enfant et sa famille.
10. Promouvoir l'éducation en milieu ordinaire avec des pairs normo-entendants dès le plus jeune âge.

La thérapie AVT repose donc sur trois piliers : l'audition comme modalité sensorielle primaire, le jeu fonctionnel et le *coaching* parental (appelé également guidance parentale ou accompagnement parental). La limitation des indices visuels est considérée comme un élément essentiel pour renforcer les compétences auditives des enfants sourds, afin de les encourager à développer l'écoute et le langage parlé comme modalité principale (Lim & Simser, 2005). Cependant, il est important de noter que l'approche AVT ne prive pas les enfants d'un accès aux expressions faciales et aux gestes naturels qui accompagnent les interactions sociales (Estabrooks, 2006). En effet, même si certains exercices nécessitent de privilégier l'audition plutôt que la lecture labiale, les lèvres ne sont pas systématiquement cachées pendant les séances.

Par ailleurs, la formation et l'encadrement des parents prennent une place très importante dans cette approche. En effet, 6 des 10 principes de base de l'AVT font référence à la formation des parents, preuve que leur participation active est capitale dans un programme d'intervention individualisé.

Chaque session d'AVT comprend des activités conçues pour encourager le développement des capacités d'écoute de l'enfant, ainsi qu'une évaluation continue tout au long des activités afin d'ajuster les objectifs et de fournir aux parents un retour d'information continu sur ses progrès. Des évaluations régulières des capacités d'écoute, de langage et de parole sont effectuées à l'aide de grilles d'observation pour mesurer l'émergence de différents aspects de la communication chez les enfants plus jeunes, tandis que des évaluations plus formelles sont utilisées pour les enfants les plus âgés, à l'aide de tests standardisés. Sur la base de ces évaluations, des objectifs spécifiques sont définis en collaboration avec la famille, en tenant compte de l'âge de l'enfant, de ses capacités cognitives et de ses aptitudes linguistiques et auditives (Fitzpatrick & Doucet, 2012). En outre, quatre activités auditives sont généralement

réalisées au cours des séances : la détection des sons, la discrimination des sons, l'identification des sons et la compréhension des sons. La détection des sons est une compétence fondamentale qui consiste à réagir à la présence ou l'absence d'un son. Pour évaluer cette compétence, on peut utiliser le test des six sons de Ling (Ling et Ling, 1978 ; Ling, 2002). Ce test consiste à demander à l'enfant de détecter (et ultérieurement d'identifier) six sons qui représentent la gamme de fréquences des sons de la parole (de la plus basse fréquence à la plus haute fréquence) : [u], [m], [a], [i], [ʃ] et [s]. Chaque son est présenté séparément sous la forme d'une brève syllabe, dont la durée correspond à peu près à celle des syllabes dans le langage parlé. Ce test consiste en un contrôle auditif pour vérifier que les appareils auditifs et les implants cochléaires fonctionnent correctement. Il n'y a donc pas de repères visuels. Lorsque l'enfant parvient à détecter ces six sons (à une distance de deux mètres et à un niveau de conversation normale), cela indique qu'il perçoit l'ensemble des phonèmes importants de la parole (Fitzpatrick & Doucet, 2012). À ce moment, des activités pour favoriser l'identification, la discrimination et la compréhension des sons peuvent être mises en place. La discrimination des sons est la capacité à juger si les stimuli sonores (par exemple, des bruits, des sons, des mots, des phrases, des chansons) sont identiques ou différents, tandis que l'identification sonore consiste à reconnaitre un son déjà entendu, identifié et nommé. Pour finir, la compréhension des sons (niveau le plus élevé du traitement auditif) signifie que l'enfant est capable d'attribuer une valeur sémantique à ce son. Il s'agit du but principal du développement des habiletés auditives (Fitzpatrick & Doucet, 2012).

Les thérapeutes LSLS certifié·e AVT planifient, dirigent et évaluent les séances, les adaptant individuellement en fonction de chaque enfant et de sa famille. Par conséquent, il n'y a pas de format universel et explicite pour le plan des séances d'AVT, car les praticien·ne·s sont uniques dans leur pratique de l'AVT. Voici cependant un exemple du déroulement d'une séance de thérapie AVT (Fitzpatrick & Doucet, 2012) :

- Vérification du bon fonctionnement des prothèses auditives grâce au test des six sons de Ling.
- Activités visant principalement l'audition (par exemple, la mémoire auditive ou encore la compréhension auditive).
- Activités visant principalement la parole et ainsi le développement phonétique.
- Activités visant principalement le langage (syntaxe, vocabulaire, sémantique, langage réceptif et expressif).
- Implication des parents tout au long des activités, en leur expliquant les objectifs des techniques et stratégies utilisées en séance et en leur donnant des suggestions pour le

transfert à la maison. À la fin de la séance, les parents discutent avec le·la thérapeute des activités cibles de la semaine.

Pour devenir thérapeute AVT (LSLS Cert. AVT®), les professionnel·le·s doivent être titulaires d'un master ou équivalent en orthophonie, en audiologie ou en enseignement spécialisé dans la surdité. En plus de ce diplôme, ils·elles doivent suivre une formation conséquente. Celle-ci comprend 900h de pratique auprès des parents et enfants au cours des 36 à 60 derniers mois de pratique AVT, au moins 10 heures d'observation par au moins deux thérapeutes certifié·e·s AVT, 80 heures de formation continue et de nombreuses séances de supervision. Les candidat·e·s doivent travailler pendant trois ans avant de passer l'examen écrit, en soumettant 20 vidéos de leur pratique. L'examen porte sur les 9 domaines[10] de connaissance du thérapeute LSLS certifié·e AVT. Par ailleurs, ils·elles doivent effectuer 150 heures d'activités liées à l'AVT (par exemple des visites d'écoles, des évaluations de la communication).

Les résultats de la première étude de cette thèse montrent que cette approche est beaucoup plus utilisée par les parents que par les professionnels en France. En effet, seules trois professionnelles en France affirment utiliser actuellement cette thérapie avec des enfants sourds. La première orthophoniste formée à cette méthode en France a été certifiée en 2019. La faible utilisation de cette approche par les professionnel·le·s pourrait s'expliquer par le fait que cette thérapie ne fait pas partie des recommandations nationales françaises pour soutenir le développement de la communication vocale avec les enfants sourds et que cette thérapie est controversée par les orthophonistes en Royaume-Uni pour plusieurs raisons, selon l'enquête de Fieurgand & Poncet (2020) auprès de 55 orthophonistes :

- Non-multimodalité de la communication
- Risque de nuire à la qualité de la relation parent-enfant, en plaçant le parent dans un rôle de thérapeute ou d'éducateur
- Recherche illusoire d'effacement du handicap
- Ce n'est pas la communication qui est au premier plan, mais plutôt le développement des compétences auditives et vocales

[10] Ces 9 domaines comprennent : écoute et aides auditives, fonctionnement auditif, communication orale, développement de l'enfant, guidance parentale, éducation et soutien affectif, stratégies pour le développement de l'écoute et du langage oral, histoire, philosophie et problématiques professionnelles, éducation, lecture et littérature

3.1.3. Apports de l'AVT sur le développement de la parole et du langage de l'enfant sourd

Bien que l'AVT soit largement utilisée et financée par le gouvernement dans certains pays (États-Unis, Australie, Danemark, Royaume-Uni, par exemple), notamment grâce à l'arrivée du dépistage systématique néonatal de la surdité et des aides auditives de plus en plus performantes, les preuves scientifiques de sa contribution sur le développement de la parole et du langage sont encore limitées. Certaines études ont évalué l'efficacité de l'AVT chez les enfants sourds (Dornan et al., 2007, 2009, 2010; Hogan et al., 2008; Rhoades & Chisholm, 2000; Hitchins & Hogan, 2017). Dans ces études, les auteur·e·s ont utilisé le « Rate of Language Development » (RLD) pour mesurer les progrès langagiers chez les enfants sourds suite à une thérapie particulière. Le RLD permet d'établir un score de langage pré-thérapie (avant l'inscription dans une thérapie AVT) et un score de langage post-thérapie (lors de l'arrêt de la thérapie AVT). Ces deux scores permettent de mesurer l'évolution du langage en réponse à une thérapie. Les résultats montrent que les enfants sourds ont un meilleur RLD après la thérapie. Par conséquent, les auteur·e·s en concluent qu'une thérapie AVT est bénéfique pour le développement du langage des enfants sourds, y compris ceux qui présentent des troubles supplémentaires associés à la surdité (Hitchins et Hogan, 2017). Cependant, l'absence de groupe contrôle présente une limite à ces études et ne nous permet pas de déterminer si les enfants ont progressé avec le temps ou grâce à la thérapie AVT elle-même.

Percy-Smith, Hallstrøm, et al. (2018) ont mené une étude longitudinale pour comparer le développement précoce du vocabulaire de trois groupes d'enfants : des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires, des enfants sourds munis d'un appareillage classique et des enfants normo-entendants. Tous les enfants sourds étaient inscrits dans une thérapie AVT pendant trois ans. Les enfants ont été évalués à partir d'une tâche de vocabulaire en réception. Les résultats montrent une différence entre les enfants sourds et les enfants normo-entendant lors de la première et de la deuxième année d'AVT. Lors de la troisième année d'AVT, la différence était non significative. Selon les auteur·e·s, ceci souligne l'importance de mettre en place un programme d'intervention précoce pendant une période d'au moins trois ans. La petite taille du groupe et son hétérogénéité (l'âge au moment du diagnostic, l'âge au moment de l'intervention, l'étiologie de la surdité et l'inclusion d'enfants présentant des troubles supplémentaires) constituent les limites de cette étude.

Dettman et al. (2013) ont analysé les performances en parole de huit enfants australiens ayant participé à une thérapie AVT (groupe AVT), 23 utilisant une approche oraliste (auditive-

orale[11], groupe AO) et huit utilisant une communication bilingue bimodale[12] (groupe BB). Les résultats ont montré que les enfants des groupes AVT et AO ont présenté de meilleures performances dans la tâche de répétition de mots, avec un nombre plus élevé de phonèmes correctement rappelés par rapport au groupe BB. En revanche, dans la tâche de répétition de phrases et de vocabulaire réceptif, le groupe AVT a montré de meilleures performances que les groupes AO et BB. Il est toutefois important de noter que le groupe AVT était composé d'enfants plus âgés et ayant une expérience plus importante des implants cochléaires par rapport aux groupes AO et BB. Les auteur·e·s en concluent que les approches AVT et AO semblent les plus appropriées pour soutenir le développement lexical et phonologique des enfants porteurs d'implants cochléaires (Dettman et al., 2013).

Une autre étude menée par Yanbay et al. (2014) a comparé les performances lexicales, la compréhension auditive et les compétences expressives de 42 enfants porteurs d'implants cochléaires inscrits dans trois approches différentes : 18 d'entre eux suivaient une approche AVT, 12 suivaient une approche AO, et 9 étaient inscrits dans une approche BB. Les résultats n'ont montré aucune différence entre les trois groupes (Yanbay et al., 2014).

Par ailleurs, Thomas et Zwolan (2019) ont effectué une analyse rétrospective des performances langagières chez des enfants porteurs d'implants cochléaires utilisant trois modes de communication différents : auditif-verbal (AVT) (n = 39), auditif-oral (AO) (n = 107) et communication totale[13] (TC) (n = 57). Les résultats ont montré que les scores obtenus par les enfants du groupe AVT étaient significativement plus élevés que les scores moyens obtenus par les enfants des deux autres groupes. Cependant, il est important de préciser que la moyenne d'âge d'implantation du groupe AVT était plus faible que dans les autres groupes AO et TC, ce qui pourrait expliquer les différences entre les groupes (Thomas et Zwolan, 2019).

Percy-Smith et al. (2018) ont également mesuré les apports de l'AVT chez des enfants porteurs d'implants cochléaires. Les compétences en production et en perception de parole de 94 enfants ayant bénéficié d'une rééducation orthophonique danoise « standard » ont été comparées à celles de 36 enfants inscrits à un programme AVT. La rééducation « standard »

[11] L'approche oraliste met l'accent sur l'audition et encourage souvent l'utilisation de la vision et la lecture labiale.
[12] L'enfant utilise une langue des signes (dans ce cas-ci, l'AUSLAN, la langue des signes australienne) et une langue vocale.
[13] La communication totale intègre également l'utilisation des signes lexicaux de la langue des signes, mais combine celle-ci avec des gestes naturels, de la dactylologie, de la lecture labiale et de la parole (Thomas et Zwolan, 2019).

consistait en des séances d'orthophonie une ou deux fois par semaine et les objectifs thérapeutiques variaient d'un enfant à l'autre. Les enfants qui ont bénéficié d'une thérapie AVT ont obtenu des scores significativement plus élevés dans les trois tâches de parole et de langage (compréhension lexicale, production lexicale et compréhension auditive) (Percy-Smith, Tønning, et al., 2018).

Enfin, deux revues systématiques ont examiné les articles publiés portant sur l'apport de l'AVT pour le développement de la parole et du langage (Binos et al., 2021; Kaipa & Danser, 2016). Les conclusions de ces deux revues convergent vers l'idée que, bien que ces articles aient mis en évidence des bénéfices de l'AVT sur les compétences langagières chez les enfants sourds, l'absence d'études bien contrôlées et la faible taille des échantillons rendent difficile la généralisation des résultats.

3.2. Langue française Parlée Complétée (LfPC)

3.2.1. Théories multimodales pour le développement de la parole

À l'opposé des théories centrées sur l'audition qui affirment que l'apport visuel pourrait inhiber le développement auditif et que l'absence des informations visuelles pourrait « renforcer » les capacités auditives des enfants sourds, les théories multimodales proposent que l'apport d'informations issues de plusieurs modalités sensorielles facilite l'apprentissage et la perception des sons de parole, même lorsque l'entrée est inégale d'un sens à l'autre (par exemple, en cas de perte auditive).

Les arguments sous-tendant ces théories sont fournis par des études qui montrent que la parole est un processus multimodal, impliquant la vision et l'audition (Sumby & Pollack, 1954). En effet, un grand nombre d'études depuis les travaux princeps de Sumby & Pollack (1954) ont montré que les auditeur·rice·s traitent simultanément les informations auditives de la parole et les informations visuelles transmises par la lecture labiale. Cela est étayé par le fait que, en présence de bruit, le fait de voir la bouche de l'orateur·rice accroît l'intelligibilité du signal auditif. Le gain moyen apporté par la lecture labiale est estimé à 11 dB (MacLeod & Summerfield, 1987).

Le célèbre « effet McGurk » montre même que les indices visuels peuvent modifier la perception auditive. En effet, dans une situation où la personne entend la syllabe bilabiale /ba/ en voyant simultanément un visage prononçant la syllabe vélaire /ga/, elle perçoit régulièrement la syllabe /da/ (fusion perceptive alvéolaire). Ainsi, lorsque les stimuli auditifs et visuels sont incongrus, le cerveau les fusionne pour former un nouveau percept audiovisuel,

qui correspond à la combinaison des deux (McGurk & MacDonald, 1976). Ce phénomène d'intégration audiovisuelle est robuste car même si les participant·e·s sont au courant de son existence et même lorsqu'on leur demande de se focaliser uniquement sur l'information sonore (sans se laisser influencer par ce qu'ils·elles voient), cet effet est toujours présent (Summerfield & McGrath, 1984). Ainsi, son traitement n'est pas optionnel, mais automatique et irrépressible, ce qui montre que les indices articulatoires provenant de la lecture labiale sont impliqués et intégrés dans le processus précoce de la perception auditive de la parole (Liberman & Mattingly, 1985).

L'apport de la parole audiovisuelle ne se limite pas uniquement aux situations où la perception auditive est altérée. En effet, l'étude d'Arnold & Hill (2001) montre que la vision joue un rôle dans la perception de la parole même lorsque le signal auditif est audible et intact. Par ailleurs, des études suggèrent que ces indices visuels contribuent aux représentations lexicales lors du traitement de parole (Fort et al., 2013 ; Basirat et al. 2018) et permettent de repérer les limites des mots dans la parole continue (Mitchel et Weiss 2014) chez des personnes ayant une audition typique.

De manière générale, les bénéfices de l'intégration multisensorielle des indices auditifs et visuels dans la perception de la parole ont été largement étudiés, en particulier dans les environnements bruyants et pour les personnes avec une perte auditive (Bergeson et al., 2005; Binnie et al., 1974; Dodd, 1977; Erber, 1969, 1972, 1974; Geers et al., 2003; Grant et al., 1998; Kaiser et al., 2003; Kirk et al., 2002, 2007; Lachs et al., 2001; MacLeod & Summerfield, 1987; Sumby & Pollack, 1954; Summerfield, 1992). Ces interactions audiovisuelles suggèrent que les informations auditives et visuelles partagent une étape commune de traitement avant l'analyse phonémique et phonologique (Summerfield et al. 1987 ; Meloni et al. 2022).

Tout comme pour les enfants normo-entendants, plusieurs études réalisées auprès d'enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ont montré que la combinaison d'informations auditives et visuelles augmente les performances de perception de la parole par rapport aux conditions où seule l'audition ou la vision est sollicitée (Geers et al., 2003 ; Lachs et al., 2001). Ainsi, les résultats montrent que les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires manifestent également des signes d'intégration multisensorielle (Lachs et al., 2001 ; Nicholls & Ling, 1982). Par ailleurs, Bergeson et al. (2003) ont montré que les performances de reconnaissance de mots et de phrases en condition visuelle seule pré-implantation cochléaire sont corrélées à d'autres mesures de la parole et du langage (vocabulaire réceptif, langage

réceptif et expressif, intelligibilité de la parole) trois ans après l'implantation cochléaire. Ce résultat suggère que les habilités de lecture labiale avant l'implantation cochléaire seraient un bon prédicteur des performances en parole ultérieures (Bergeson et al., 2003). Ces différentes études ont ainsi mis en évidence des relations étroites entre les compétences de perception audiovisuelle de la parole et les compétences en parole et langage. Cela suggère que la perception multimodale de la parole n'est pas constituée de compétences perceptives isolées ou autonomes, mais elle est fortement corrélée à d'autres mesures du traitement de la parole et du langage (Bergeson et al., 2005).

En revanche, les mécanismes d'intégration audiovisuelle chez les personnes porteuses d'implants cochléaires diffèrent de ceux des personnes normo-entendantes, étant donné que le poids accordé à la modalité visuelle est plus important que le poids accordé à la modalité auditive (Rouger et al., 2008). En effet, une étude montre que face à des stimuli de l'étude de McGurk & MacDonald (1976), les adultes avec implants cochléaires ont tendance à favoriser la modalité visuelle par rapport à leurs pairs normo-entendants. En revanche, les participant·e·s avec implants cochléaires ont réussi à avoir une intégration audiovisuelle de la parole, en combinant à la fois des indices acoustiques et visuels congruents et incongruents (Desai et al., 2008). Une autre étude met en évidence que l'importance accordée à l'audition ou à la vision dans la perception de la parole dépend de la situation expérimentale, ce qui influence le poids attribué à chaque modalité. Les enfants porteurs d'implants cochléaires, de même que les enfants normo-entendants, accordent de l'importance à la modalité la plus informative dans chaque situation. Ainsi, les enfants porteurs d'implants cochléaires ne sont pas restreints à une dépendance exclusive à la vision. En effet, chaque modalité est plus efficace pour transmettre certains traits phonologiques spécifiques. Par conséquent, les informations visuelles transmises par la lecture labiale sont généralement plus pertinentes pour déterminer le lieu d'articulation d'un phonème que les informations auditives, tandis que le mode d'articulation, le trait de voisement et le trait de nasalité sont mieux transmis par la modalité auditive que par la modalité visuelle (Rouger et al., 2008).

Les recherches montrent également que la perception audiovisuelle de la parole dépend de l'efficacité de la récupération auditive via l'implant. Les enfants qui ont une meilleure compétence auditive sont moins dépendants de la vision que ceux ayant une compétence auditive plus faible. Les auteur·e·s en concluent qu'étant donné que les indices auditifs et visuels sont généralement congruents dans la vie quotidienne, la lecture labiale est une source d'information importante pour la perception de parole (surtout dans les situations de bruit) et devrait donc faire partie des programmes de rééducation des enfants porteurs d'implants

cochléaires (Huyse et al., 2013). Cependant, l'information visuelle fournie par la lecture labiale présente des limites et permet seulement l'identification de 40 à 60% des phonèmes (Montgomery & Jackson, 1983) et de 10 à 30% des mots hors contexte (Bernstein et al., 2000). En effet, il existe de nombreux « sosies labiaux » en français, c'est-à-dire, des phonèmes qui partagent la même forme labiale (par exemple, [p], [b], [m]). De plus, certains traits phonologiques, comme le voisement ou la nasalité, ne sont pas visibles grâce à l'image labiale, de même que les phonèmes dont le lieu d'articulation est à l'intérieur du conduit vocal (c'est le cas des phonèmes [s], [z], [t], [d], [n] [l], [k], [g], [ɲ]).

En lien avec les théories multimodales, de nombreuses études ayant démontré que les personnes porteuses d'implants cochléaires avaient une intégration audiovisuelle de la parole et que la perception de parole était améliorée lorsque les stimuli étaient présentés dans la modalité audiovisuelle (vision + audition), a été développé le Cued Speech, ou Langue Parlée Complétée, que nous allons détailler ci-dessous.

3.2.2. Principes et fondements de la LfPC

Le Cued Speech a été inventé par Cornett en 1966 et adapté en français en 1980 pour les enfants sourds (Cornett, 1967). Le Dr Orin Cornett, professeur à l'université Gallaudet, a constaté que les adolescents sourds avaient de faibles compétences en lecture et il attribuait ce déficit à un manque d'accès à la langue vocale. C'est ainsi qu'il a conçu un système manuel qui permet une perception complète de la parole : le Cued Speech. Ce système est un outil pour la réception du message vocal pour l'enfant sourd qui permet de réduire l'ambiguïté de la lecture labiale en rendant visibles tous les contrastes phonologiques de la langue vocale. Il est aujourd'hui adapté à plus de 80 langues et dialectes dans plus de 40 pays (Shull & Crain, 2010), en fonction de leur propre système phonologique. La version française s'appelle la Langue française Parlée Complétée (LfPC). Il s'agit d'un outil visuo-manuel d'aide à la lecture labiale représentant la structure syllabique du français. Le·la locuteur·rice accompagne son articulation de configurations manuelles placées en différents emplacements autour des lèvres afin de définir l'ensemble du système phonologique français. La LfPC repose sur un principe de codage syllabique de la parole. Il existe donc deux composantes à la LfPC : la configuration de la main (qui représente la consonne) et l'emplacement de la main autour du visage (qui représente la voyelle). Ainsi, une syllabe consonne-voyelle est codée par une seule clé manuelle combinant les deux informations consonantique et vocalique. Le système créé par Cornett repose sur l'association des informations manuelles aux informations labiales : une clé manuelle peut s'interpréter de plusieurs façons différentes selon l'image labiale

associée. Par exemple, [m], [t] et [f] sont codés par la même clé manuelle, parce qu'ils peuvent facilement être différenciables grâce à la lecture labiale. Cela permet de réduire le nombre de clés et de rendre le système plus économique. Par contre, les phonèmes qui partagent la même image labiale sont codés par des clés différentes (exemple : /p/, /b/ & /m/).

La LfPC se compose de cinq positions de la main autour du visage pour les sons vocaliques et de huit configurations de la main pour les sons consonantiques, comme représenté sur la figure 1.3.1 ci-dessous.

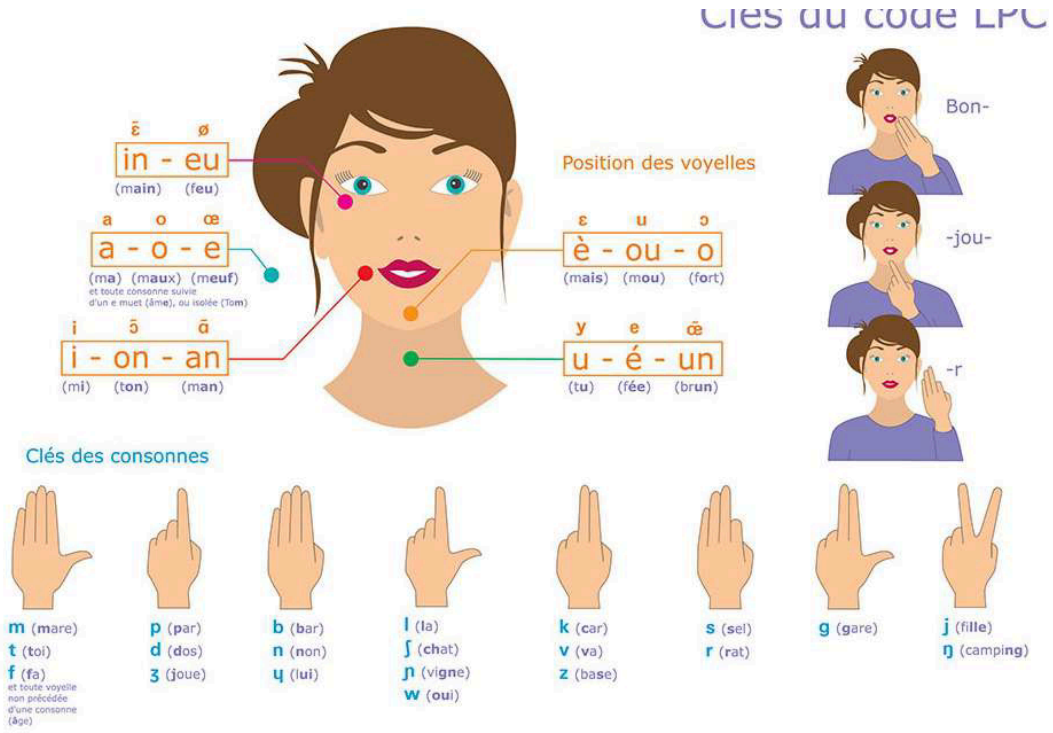


Figure 1.3.1. Positions et configurations de la main en Langue française Parlée Complétée

Source : Association pour la promotion de la LfPC[14]

En ce qui concerne les autres structures syllabiques, telles que « Voyelle », « Voyelle + Consonne », « Groupe Consonantique + Voyelle (GrC + V) », ou encore « Consonne + Voyelle + Consone », un geste isolé est nécessaire et est représenté par la configuration de la main dite « neutre ». Par exemple, la structure syllabique du mot « blanc » ([blɑ̃]) est « GrC + V (CCV) ». La première consonne sera réalisée avec la configuration de la main correspondante et placée en position neutre autour du visage (dans ce cas-ci, la configuration manuelle du [b] en position « neutre »). Ensuite, l'ensemble CV (dans l'exemple, [lɑ̃]) qui suit sera codé à l'aide d'une seule clé manuelle (avec une configuration de la main pour la consonne [l] et une position autour du visage pour la voyelle [ɑ̃]). Ainsi, une syllabe plus

[14] https://alpc.asso.fr/les-cles-du-code-lpc/

complexe sera codée en utilisant deux clés manuelles distinctes. Cela permet de rendre visibles tous les phonèmes de la langue française. Tout ce qui est dit est codé, même les liaisons entre les mots et les différents accents. Pour une personne expérimentée, le rythme de production de la parole en LfPC est proche de celui du rythme normal de parole.

Cornett (1967) a énoncé six principes pour assurer l'efficacité du Cued Speech :

1. La langue utilisée doit être accessible et apprise comme une langue parlée
2. L'information manuelle est indissociable de l'information labiale
3. Les gestes utilisés conjointement à la lecture labiale ne doivent pas interférer avec le rythme approprié de la parole
4. Ce système doit être facile et rapide à apprendre afin d'assurer une communication efficace en classe.
5. L'apprentissage du « décodage » des gestes doit pouvoir se faire naturellement, à travers le bain de langage dont l'enfant bénéficie à la maison (exposition régulière et importante).
6. Ce système doit être efficace, sans ambiguïté et utilisable aux distances rencontrées en classe, jusqu'à six mètres environ.

Enfin, un septième critère a été envisagé : ce système doit permettre d'accroître la capacité de la personne sourde à parler de manière intelligible et à percevoir la parole sans aide extérieure.

L'apprentissage de toutes les clés de la LfPC demande approximativement 12 heures de formation. Cependant, atteindre un niveau de fluidité et d'aisance dans son utilisation requiert une pratique quotidienne et intensive. La LfPC est largement utilisée par les professionnel·le·s en France et en Belgique et de nombreuses formations pour apprendre ce code sont disponibles dans ces pays. En France, l'Association pour la Langue française Parlée Complétée (ALPC) propose, chaque année, des stages d'été ou des stages de quelques jours destinés aux familles souhaitant apprendre ou se perfectionner avec ce code. Pour les professionnel·le·s de la surdité et autres intervenant·e·s médico-sociaux travaillant avec des enfants ou des adultes sourds, l'ALPC France propose également une formation structurée comprenant des sessions d'apprentissage techniques de la LfPC et des réflexions théoriques. Enfin, deux licences professionnelles (Paris et Lyon) permettent de devenir codeur·euse en LfPC. Un financement de l'État pour des services de codeur·euses peut être mobilisé lors d'enseignements scolaires ou de réunions professionnelles. En Belgique, l'ALPC Belgique organise des week-ends de formation et des mini-stages d'été principalement destinés aux

familles d'enfants sourds, bien que les professionnel·le·s y soient également les bienvenu·es. Des visioconférences sont également proposées tout au long de l'année par cette association. De même, il est possible d'obtenir un certificat d'Université en LfPC à l'Université Libre de Bruxelles (Belgique).

3.2.3. Apports de l'exposition à la LfPC sur le développement de la parole et du langage de l'enfant sourd

De nombreuses études ont montré que l'usage de la LfPC (ou le *Cued Speech*) par les personnes qui s'adressent aux personnes sourdes ont des effets positifs sur la perception des syllabes, des mots et des phrases en anglais (Ling & Clarke, 1975; Nicholls & Ling, 1982), ainsi qu'en français (Alegria et al., 1999; Périer et al., 1990). Ces recherches ont démontré que la perception de la parole peut être améliorée non seulement lorsque des indices manuels sont utilisés en complément de la parole audiovisuelle (Ling & Clarke, 1975; Périer et al., 1990; Uchanski et al., 1994 ; Descourtieux 2003), mais également lorsque les stimuli sont présentés aux enfants sourds sans information auditive, c'est-à-dire avec seulement l'image labiale et les gestes manuels (Nicholls & Ling, 1982).

Plus récemment, une étude a comparé la perception de parole dans le bruit de personnes sourdes en fonction de trois conditions : lorsque les stimuli étaient présentés avec la modalité auditive uniquement, avec la modalité audiovisuelle (audition + lecture labiale) ou avec la modalité audiovisuelle + LfPC. Les résultats ont montré que la perception de parole dans le bruit était plus précise dans la condition « audiovisuelle + LfPC » que dans la condition « audiovisuelle » (elle-même plus précise que la condition « audition seule ») (Bayard et al., 2019). La LfPC constitue donc un outil bénéfique pour améliorer la perception de parole, y compris dans le bruit.

Toutefois, des différences individuelles ont été observées en fonction du lieu où l'enfant a été exposé à la LfPC et de la précocité de l'exposition. En effet, l'étude de Périer et al. (1990) a montré que le groupe ayant été exposé à la LfPC à la maison présentait de meilleures compétences en perception de la parole avec LfPC que le groupe exposé à la LfPC uniquement à l'école. De la même manière, l'étude de Alegria et al. (1999) a montré un meilleur bénéfice de l'exposition à la LfPC si l'enfant a reçu cette exposition avant l'âge de deux ans.

Par ailleurs, il a également été montré que les personnes sourdes ayant reçu une exposition riche et intense au *Cued Speech* ont de meilleures capacités de perception de parole que leurs pairs, même en l'absence d'indices manuels. En effet, Aparicio et al. (2012) ont montré de

meilleurs scores en lecture labiale chez des participant·e·s ayant reçu une exposition à la LfPC que chez leurs pairs sourds. D'autre part, l'étude menée par Kos et al. (2009) a révélé que l'exposition au *Cued Speech* améliorait la perception de la parole lorsque seules les informations auditives étaient disponibles. En résumé, les recherches ont démontré que l'utilisation des indices manuels de la LfPC améliore la perception de la parole, que ce soit en complément de la parole audiovisuelle, ou, à long terme, lorsque la parole est présentée sans gestes manuels. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que la LfPC ou le *Cued Speech* consolident les représentations phonologiques des personnes sourdes, ce qui leur permet ensuite de mieux décoder les informations auditives ou labiales.

Ces bénéfices se retrouvent également dans la production de parole des personnes exposées à la LfPC. Peu d'études à ce jour se sont penchées sur cette question. Cependant, une étude longitudinale de Vieu et al. (1998) a montré une augmentation des scores d'intelligibilité de la parole plus importante pour les enfants exposés au *Cued Speech* par rapport aux enfants utilisant la langue des signes. Une étude plus récente menée par Machart et al. (2022) a examiné les effets de la LfPC sur la production de parole chez les enfants porteurs d'implants cochléaires à partir d'une tâche de dénomination d'images. Les résultats de cette étude ont montré que les enfants sourds qui avaient développé un niveau élevé de décodage de la LfPC présentaient une production phonémique plus juste (consonnes, voyelles et groupes consonantiques) par rapport à ceux dont les compétences de décodage étaient plus limitées. Les auteur·e·s ont également constaté que les compétences de décodage de la LfPC influençaient positivement la production des traits de nasalité, de voisement, ainsi que le mode et le lieu d'articulation des consonnes (Machart, 2022).

Pour finir, la LfPC a également un impact positif sur la conscience phonologique. En effet, en représentant explicitement tous les contrastes phonologiques de la langue, la LfPC permet une conscience phonologique (indispensable à l'acquisition du langage écrit) plus spécifique et plus précise (Leybaert et al., 2012; Leybaert & Colin, 2007). Une étude a comparé les performances métaphonologiques d'enfants sourds ayant reçu une exposition intensive à la LfPC à des enfants sourds sans exposition à la LfPC. Les résultats ont montré que l'exposition au code est associée à de meilleures performances dans la tâche de jugement de rime et dans la tâche de génération de rime (Charlier & Leybaert, 2000). Enfin, un entrainement intensif et précoce à la LfPC a aussi des effets positifs sur le développement de la morphosyntaxe (Leybaert & LaSasso, 2010), de la mémoire à court terme (Charlier, 1994), du lexique (Charlier, 2020) et sur l'acquisition du langage écrit (Charlier & Leybaert, 2000).

3.2.4. Apports de l'exposition à la LfPC sur le développement de la mémoire de travail de l'enfant sourd

Comme décrit ci-dessus, de nombreuses études ont montré que l'exposition précoce et intensive à la LfPC a un effet positif sur le développement de la parole (en perception et production) des enfants sourds et sur le développement des représentations phonologiques. Concernant la mémoire de travail, à notre connaissance, une seule étude s'est intéressée à l'influence de l'exposition à la Langue française Parlée Complétée (LfPC) sur les performances en mémoire de travail verbale des enfants sourds. Dans son étude, Charlier (1994) a mesuré les performances mnésiques à court terme d'enfants exposés à la LfPC précocement à la maison, d'enfants exposés à la LfPC uniquement à l'école et d'un groupe contrôle d'enfants normo-entendants. Des séries d'images étaient présentées dans trois conditions : images de mots monosyllabiques qui riment, images de mots monosyllabiques qui ne riment pas et images de mots plurisyllabiques qui ne riment pas. Ces images étaient présentées à l'enfant pendant deux secondes et l'enfant devait se rappeler des images qui lui avaient été présentées. Les résultats ont montré que les performances des enfants exposés à la LfPC à la maison étaient meilleures que les performances des enfants exposés à la LfPC à l'école. Par ailleurs, les enfants exposés à la LfPC à la maison et les enfants normo-entendants ont obtenu de moins bonnes performances de rappel de mots qui riment et de mots plurisyllabiques, en comparaison avec les mots monosyllabiques qui ne riment pas. Ainsi, un effet de rime et un effet de longueur de mots ont été observés chez ces enfants et sont des indicateurs de l'utilisation d'un code de type phonologique pour le maintien de l'information, une caractéristique de la boucle phonologique, essentielle dans la mémoire de travail verbale (cf. partie 1.3.1. du manuscrit sur la définition de la mémoire de travail). Cependant, aucun effet de ces conditions n'a été observé chez les enfants exposés à la LfPC à l'école uniquement. Il semble donc que les enfants qui sont exposés à la LfPC à la maison développent une boucle articulatoire et phonologique plus efficace, ce qui a un impact sur leurs compétences en mémoire de travail verbale (Charlier, 1994).

3.3.En résumé

Il existe deux théories pour soutenir le développement de la parole chez les enfants sourds. La théorie centrée sur l'audition met l'accent exclusivement sur les informations auditives, tandis que la théorie multimodale combine à la fois les informations auditives et visuelles. La littérature scientifique concernant ces deux approches fait ressortir un plus grand nombre de preuves scientifiques solides en faveur de l'approche multimodale pour soutenir le développement de la parole chez l'enfant sourd. En effet, les études montrent que l'utilisation d'informations audiovisuelles permet d'améliorer le développement de la parole chez les enfants porteurs d'implants cochléaires.

À partir de ces deux théories, deux approches pour soutenir le développement de la parole et du langage chez l'enfant sourd ont émergé : l'Auditory Verbal Therapy (AVT) et la Langue française Parlée Complétée (LfPC). L'AVT est une approche qui se focalise sur l'audition et qui utilise le *coaching* parental, ainsi que des stratégies auditives et verbales pour permettre aux enfants sourds de développer leurs compétences auditives. En revanche, la LfPC est un outil de communication qui soutient la perception de parole grâce à des gestes manuels qui complètent la lecture labiale. L'utilisation de ces deux outils et méthodes en clinique soulève une question fondamentale : « est-ce qu'un outil de communication multimodal ou centré sur l'audition peut favoriser le développement de la parole chez l'enfant sourd ? ». Les données scientifiques montrent des bénéfices de l'exposition à la LfPC sur le développement de la perception de parole (avec et sans clés manuelles), sur le développement de la production de parole et sur le développement de la mémoire de travail. Ainsi, la LfPC contribue positivement au développement à long terme de la parole. Concernant l'AVT, la littérature scientifique tend à montrer que l'utilisation de cette thérapie avec les enfants porteurs d'implants cochléaires a un impact positif sur le développement de la parole et du langage, même si des biais expérimentaux sont présents et que les preuves scientifiques restent limitées. Il est à noter qu'aucune étude francophone n'a évalué les bénéfices de l'AVT sur le développement de la parole et du langage chez les enfants sourds.

Il est important de fournir aux professionnel·le·s de la surdité des éléments sur les enjeux de l'utilisation unique de la modalité auditive et de l'accès aux indices audiovisuels sur le développement de la parole. De plus, il est essentiel de fournir aux professionnel·le·s, comme aux parents, des données probantes concernant l'efficacité de ces approches pour la rééducation de la parole et le développement du langage chez les enfants sourds.

II. APPORTS DE l'AUDITORY VERBAL THERAPY ET DE LA LANGUE FRANCAISE PARLEE COMPLETEE SUR LE DEVELOPPEMENT DE LA PAROLE ET DE LA MEMOIRE DE TRAVAIL

1. Objectifs et questions de recherche

La deuxième partie de cette thèse consiste à étudier les contributions de l'AVT et de la LfPC sur le développement de la parole chez des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Malgré de nombreuses études sur l'apport de l'exposition à la LfPC sur le développement de la perception de la parole avec les indices visuo-manuels (Ling & Clarke, 1975; Nicholls & Ling, 1982, Alegria et al., 1999; Périer et al., 1990), peu d'études se sont intéressées à l'apport de cette exposition sur la perception de parole audiovisuelle sans les clés manuelles (Kos et al., 2009) et sur la production de parole (Vieu et al. 1998 ; Machart et al. 2022).

Par ailleurs, bien que l'apport de l'AVT sur le développement de la parole ait fait l'objet d'un certain nombre d'études, les preuves scientifiques disponibles ne sont pas suffisantes et robustes pour que les conclusions soient solidement établies (Binos et al., 2021 ; Kaipa et Danser, 2016). À notre connaissance, aucune étude n'a évalué l'apport de l'AVT sur le développement de la parole chez des enfants francophones porteurs d'implants cochléaires. Cependant, la **première étude** de cette thèse, portant sur l'état des lieux des pratiques orthophoniques et éducatives avec les enfants sourds, a mis en évidence une disparité entre l'utilisation de l'AVT par les professionnel·le·s et par les parents. En effet, cette approche est plus fréquemment adoptée par les parents, qui en manifestent une satisfaction quasi totale, et qui en ont pris connaissance principalement par le biais d'Internet et des réseaux sociaux. Il est donc crucial de fournir des données qui nourriront le dialogue entre parents et professionnel·le·s à propos de cette méthode.

À la suite de notre première étude, quatre études expérimentales ont été menées sur les apports respectifs des méthodes AVT et LfPC, chacune portant sur un aspect du développement de la parole ou de la mémoire de travail chez l'enfant :

- La **deuxième étude** de cette thèse utilise la tâche de détection d'altérations phonologiques, dans le but de mesurer la perception de parole.
- La **troisième étude** s'intéresse à la production de parole, en utilisant une tâche de dénomination d'images.
- La **quatrième étude** vise à mesurer les deux versants de parole (perception et production) lors de la tâche de répétition de pseudo-mots.
- La **cinquième étude** porte sur les compétences en mémoire de travail verbale et visuo-spatiale en utilisant des tâches d'empans verbaux et visuo-spatiaux.

Ces différentes tâches impliquent de nombreux processus cognitifs et linguistiques différents[15] et visent à répondre à certaines questions :

- Est-ce que l'entraînement centré sur l'audition (l'AVT) favorise le développement de la parole et des compétences phonologiques des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ?
- Est-ce que l'exposition aux indices visuo-manuels de la LfPC, associée à des compétences élevées de décodage, favorise le développement de la parole et des compétences phonologiques des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ?
- Est-ce qu'une simple exposition à la LfPC ne permettant pas de développer des compétences élevées de décodage est suffisante pour soutenir le développement de la parole et les compétences phonologiques de ces enfants ?
- Quels processus linguistiques s'avèrent plus complexes lors de l'acquisition des compétences en parole chez les enfants porteurs d'implants cochléaires ?
- Est-ce que ces deux approches (AVT et LfPC) peuvent influencer les processus de rétention en mémoire de travail visuo-spatiale et verbale chez les enfants porteurs d'implants cochléaires ?

Une analyse détaillée des phonèmes perçus et produits sera réalisée afin de mieux comprendre l'impact de ces deux approches sur le développement de la parole. Par ailleurs, nous examinerons l'influence d'autres variables telles que la fréquence d'exposition, la précocité et les lieux d'exposition de la LfPC, ou encore les compétences morphosyntaxiques et mnésiques de ces enfants. Enfin, nous étudierons les différents traits phonologiques plus difficiles à produire chez les enfants sourds, tels que la nasalité et le voisement.

Cette thèse présente des implications sur les plans académique, scientifique, clinique, sociétal et politique. Sur le plan académique et scientifique, ces études visent à fournir une compréhension approfondie du développement de la perception et de la production de la parole chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires, ainsi que des processus linguistiques impliqués dans le développement de la parole. Du point de vue clinique, les résultats aideront les clinicien·ne·s à concevoir et à proposer aux parents des approches pour soutenir le développement de la parole et du langage, basées sur des données probantes issues de la littérature scientifique. Par ailleurs, cette thèse propose un aperçu des nouvelles options,

[15] Ces processus linguistiques pour le versant perception (traitements périphériques auditifs et visuels, traitement auditif central, intégration multisensorielle, analyse phonétique et phonologique et décodage lexical) et production (encodage phonologique, planification, programme et exécution motrice) sont expliqués dans la partie « méthodologie » (partie 2.1.2) et se basent sur le modèle psycholinguistique développé par Meloni et al. (2022).

en France, visant à soutenir le développement de la parole et du langage chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. En effet, les politiques locales françaises pour la mise en place d'une approche auditivo-phonatoire avec les enfants sourds ne couvrent pas l'ensemble des approches disponibles et ont été formulées il y a environ quinze ans. Dès lors, il serait pertinent d'élaborer de nouvelles directives nationales en tenant compte des avancées de l'implant cochléaire, du dépistage néonatal systématique de la surdité, des besoins et des préférences des parents, ainsi que des preuves scientifiques existantes.

Après avoir exposé la méthodologie employée, chaque étude sera présentée sous la forme d'un article scientifique publié ou soumis dans une revue à comité de lecture.

2. Méthodologie

2.1. Tâches utilisées

La méthodologie utilisée dans cette thèse est issue de la batterie EULALIES, développée dans le cadre de la thèse de Meloni (2022). Cette batterie présente l'avantage de comporter une grande cohorte d'enfants au développement typique. Par ailleurs, une des tâches utilisée dans la thèse de Machart (2022) pour évaluer la production de parole d'enfants exposés à la LfPC est la tâche de dénomination d'images de la batterie EULALIES. Ces travaux sont dans la continuité de ceux de Machart (2022), mais d'autres tâches expérimentales ont été ajoutées pour évaluer le versant perceptif de la parole chez les enfants porteurs d'implants cochléaires. Par ailleurs, de nouveaux enfants normo-entendants et porteurs d'implants cochléaires ont été enregistrés pour les besoins de cette thèse.

2.1.1. Tâches d'inclusion

2.1.1.1. Niveau morphosyntaxique

Le niveau morphosyntaxique est évalué à l'aide de l'épreuve de production d'énoncés tirée de la batterie ELO (Evaluation du Langage Oral, Khomsi, 2001). Ce test évalue la capacité de l'enfant à produire des structures syntaxiques et morphologiques françaises. L'enfant doit produire des énoncés complétant la phrase produite par l'expérimentateur·rice. Par exemple, l'expérimentateur·rice commence sa phrase par « *Sur cette image, il y a un seul oiseau ; sur l'autre image, il y a...* » (cf. Figure 2.2.1). L'enfant est amené à compléter la phrase en utilisant les structures morphosyntaxiques attendues. Ainsi, la réponse de l'enfant dans cet exemple devrait être « *plusieurs/deux oiseaux* ». Ce test se compose de 25 phrases. Seules les 15 premières phrases sont proposées aux enfants de grande section de maternelle. La liste avec tous les items utilisés dans cette tâche se trouve en Annexe 5. Les scores standardisés ont été déterminés pour chaque enfant en se basant sur les moyennes et les écarts-types associés à leur niveau scolaire. Une valeur standardisée de zéro signifie que la performance est égale à la moyenne de la population de référence, tandis qu'une valeur positive indique une performance supérieure à la moyenne et une valeur négative une performance inférieure à la moyenne. Les enfants normo-entendants dont les scores se situaient en dessous de deux écarts-types ont été exclus de l'échantillon. Ce critère d'exclusion a été appliqué uniquement sur les enfants normo-entendants afin d'exclure ceux présentant des compétences morphosyntaxiques déficitaires.

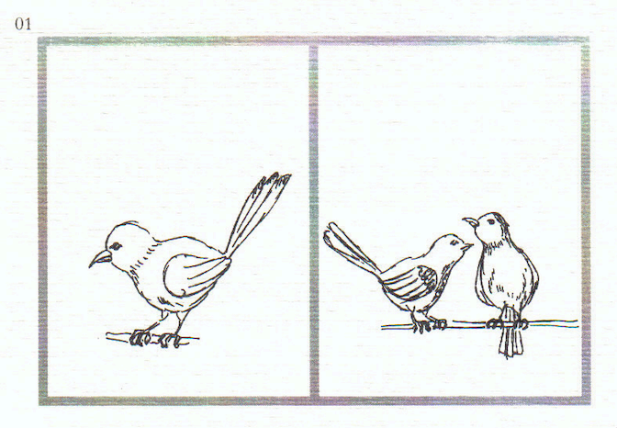


Figure 2.2.1. Exemple d'images de l'épreuve de production d'énoncés de la batterie ELO.

2.1.1.2. Test audiométrique

Pour les enfants ayant une audition typique, un test de dépistage auditif à l'aide de l'audiomètre Electronica 9910 est effectué afin d'éliminer un éventuel trouble auditif. Ce test consiste à évaluer la perception des tonalités aux fréquences de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz et 8000 Hz, à une intensité entre 20 et 25 dB, qui est considérée comme l'intensité qui couvre tous les phonèmes de la parole. Parmi l'échantillon des enfants NH, les enfants n'ayant pas une audition typique (c'est-à-dire, ne répondant qu'aux stimuli de plus de 25 dB) ont été exclus.

2.1.2. Tâches expérimentales : batterie EULALIES

Trois tâches de la batterie EULALIES (Meloni, 2022; Meloni et al., 2018) sont utilisées : une tâche de détection d'altérations phonologiques, une tâche de dénomination d'images et une tâche de répétition de pseudo-mots. Cette batterie vise à recueillir des données sur la production et la perception de la parole chez des enfants au développement typique et atypique. L'objectif est de fournir des données standardisées sur les troubles du développement des sons de la parole.

2.1.2.1. Modèle théorique psycholinguistique de Meloni et al. (2022)

Ces trois tâches ont été sélectionnées à partir du modèle théorique psycholinguistique développé par Meloni et al. (2022). Ce modèle (cf. Figure 2.2.2), adapté de Stackhouse et Wells (1997), Terband et al. (2019), Grandchamp et al. (2019) et Van der Merwe (2021), se compose de six étapes pour la perception de la parole, allant des traitements périphériques jusqu'au décodage des éléments lexicaux. Il est important de souligner que chaque étape est influencée par les niveaux précédents du modèle et peut également influencer les étapes suivantes :

1) Traitements périphériques auditifs et visuels : il s'agit des processus qui ne sont pas spécifiques à la parole et qui traitent spécifiquement les informations auditives et visuelles telles que les mouvements oraux et faciaux.
2) Traitement auditif central : cette étape permet le traitement des informations auditives par le cerveau, incluant la localisation et la latéralisation des sons, l'écoute dichotique, le traitement temporel du signal ainsi que la discrimination entre le bruit et la parole.
3) Intégration multisensorielle : intégration des informations auditives et visuelles lors du traitement perceptif de la parole.
4) Analyse phonétique : une fois que les informations auditives et visuelles sont fusionnées, une séquence phonétique est identifiée (appelée partition phonétique).
5) Analyse phonologique : il s'agit de l'identification des unités phonologiques à partir de la partition phonétique, en lien avec le stock phonologique.
6) Décodage lexical : ce processus permet d'identifier les unités phonologiques et est fortement influencé par les connaissances phonotactiques présentes dans le lexique, qui comprend des éléments lexicaux et sub-lexicaux stockés dans la mémoire à long terme.

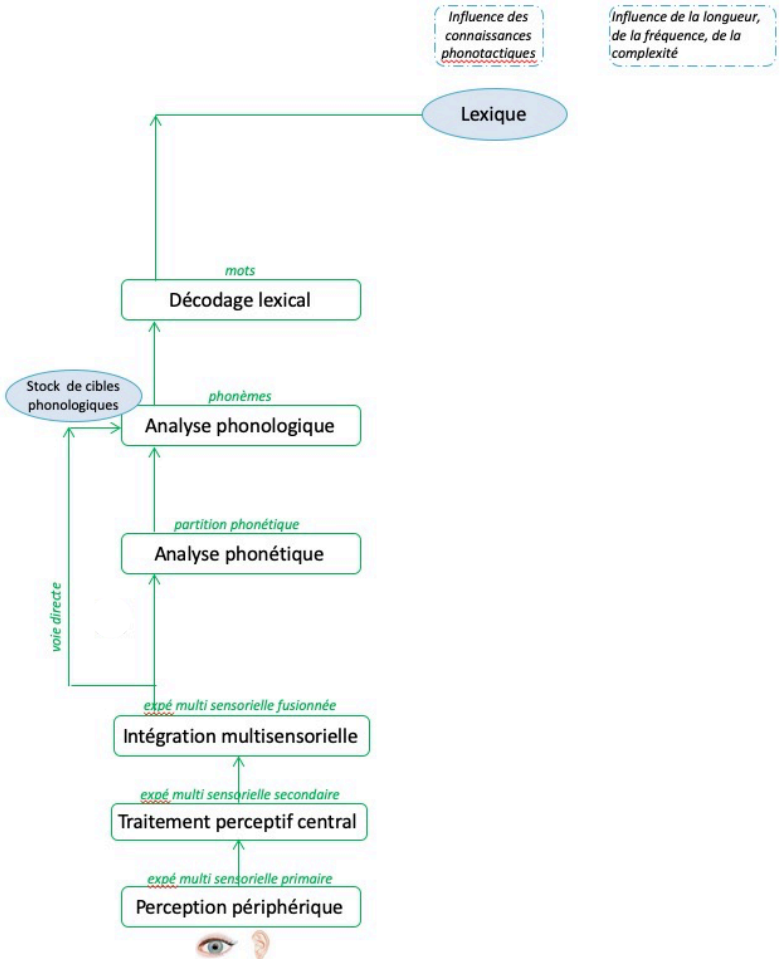


Figure 2.2.2. Synthèse des différentes étapes du traitement de la perception de parole du modèle théorique psycholinguistique (Meloni, 2022).

Sur le versant de la production de parole, le modèle psycholinguistique rattaché à la batterie EULALIES (cf. Figure 2.2.3) propose quatre étapes :

1) Encodage phonologique : il s'agit de la récupération de l'unité phonologique à partir du stock lexical. Ces unités sont de nature amodales ou multimodales, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas exprimées dans une modalité spécifique.
2) Planification motrice : ce processus décrit la conversion de l'entrée phonologique en cibles articulatori-acoustiques, qui se définissent à la fois par un mouvement d'un articulateur et par une région de l'espace acoustique.
3) Programmation motrice : il s'agit de la génération des commandes motrices correspondant aux cibles phonétiques qui seront envoyées aux muscles des articulateurs de la parole.
4) Exécution motrice : Cette dernière étape permet le transfert du signal neuronal aux muscles (motoneurones), provoquant le déclenchement des mouvements articulatoires.

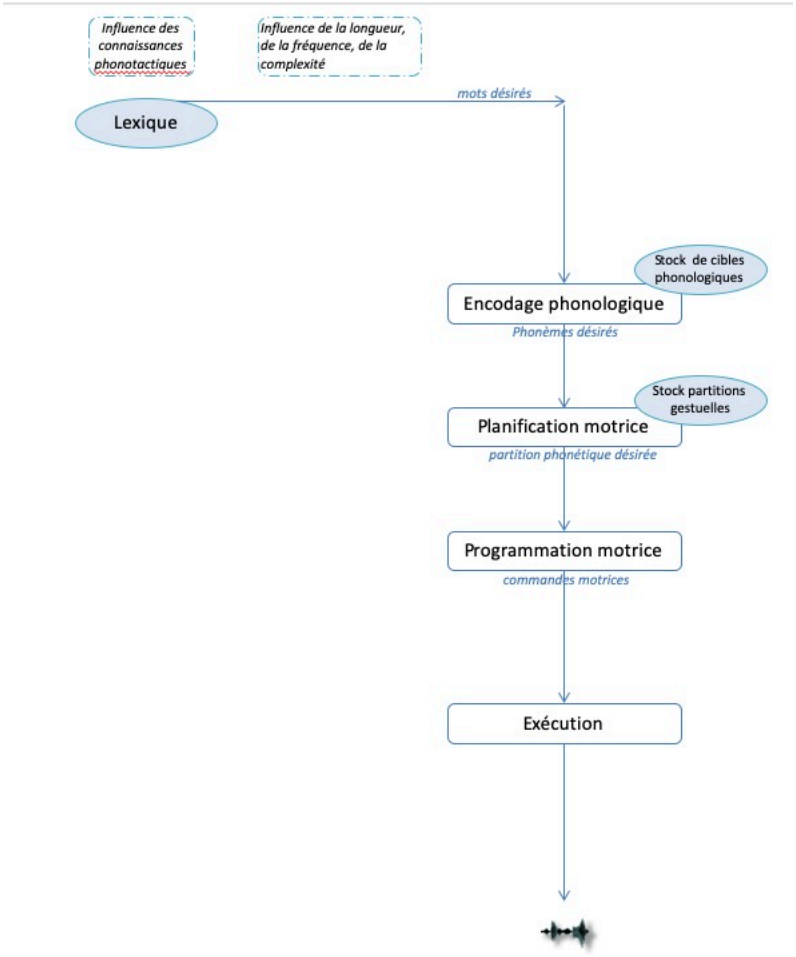


Figure 2.2.3. Synthèse des différentes étapes du traitement de la protection de parole du modèle théorique psycholinguistique (Meloni, 2022).

2.1.2.2. Détection d'altérations phonologiques

La tâche de détection d'altérations phonologiques, présentée en modalité audiovisuelle (voix + image du visage), permet d'évaluer l'accès aux représentations phonologiques lexicales. Dans cette tâche, l'enfant voit une image correspondant à un mot familier, puis regarde une vidéo d'un·e locuteur·rice nommant l'image (modalité audiovisuelle). L'enfant doit juger si le mot français est correctement prononcé ou s'il y a une altération phonologique du mot (par exemple, indiquer si [pomat] correspond à l'image d'une tomate). Tous les items sont illustrés par une image et sont identiques à ceux de la tâche de dénomination d'images (avec haute fréquence d'occurrence), qui a été réalisée juste avant la tâche de détection d'altérations phonologiques. Ceci permet de garantir que les difficultés de jugement des altérations phonologiques ne soient pas dues à des difficultés d'accès lexical. La tâche se compose de 90 items : 45 items non altérés phonologiquement et 45 items avec altération phonologique (voir Annexe 6 pour la liste complète des items). Les altérations sont présentes au niveau de la structure du mot (métathèse, simplification du cluster, suppression de syllabe, suppression de segment, inversion de segment) ou au niveau du segment (substitutions de phonèmes). Elles se produisent également en position initiale, médiane ou finale du mot et le nombre de syllabes par item varie de 1 à 4. Pour minimiser les possibles biais liés à une séquence d'altérations, cinq listes différentes ont été créés, chacune présentant les items dans un ordre différent.

Afin d'adapter la procédure aux enfants, une animation simple est ajoutée à intervalles réguliers dans la tâche. Cette animation met en scène une grenouille avançant sur les nénuphars pour attraper une mouche.

Les processus linguistiques du modèle de Meloni (2022) impliqués dans cette tâche sont les traitements périphériques auditifs et visuels, le traitement auditif central, l'intégration multisensorielle, l'analyse phonétique et phonologique et le décodage lexical.

Le nom original de cette tâche était le « jugement de lexicalité », mais ce nom faisait référence à la composante lexicale et sémantique de la perception de la parole. L'objectif de cette tâche n'étant pas d'évaluer les compétences lexico-sémantiques, mais plutôt de mesurer les compétences de perception de la parole, la tâche a été renommée « détection d'altérations phonologiques ». Cependant, il est important de noter que certains articles ont été publiés en utilisant l'ancien nom, c'est-à-dire « jugement de lexicalité ».

2.1.2.3. Dénomination d'images

La tâche de dénomination d'images de la batterie EULALIES (Meloni, 2022) permet d'évaluer le système phonologique en production et, plus précisément, la spécification des représentations phonologiques lexicales.

Lors de cette tâche de dénomination d'images, l'enfant doit nommer spontanément chaque objet, représenté par une image, qu'il voit à l'écran de l'ordinateur. Si l'enfant rencontre des difficultés, l'expérimentateur·rice peut lui fournir soit un amorçage sémantique, soit un amorçage phonologique. Si l'enfant ne parvient pas à nommer l'image malgré ces aides, l'expérimentateur·rice lui demande simplement de le répéter après lui. Afin de rendre la tâche plus adaptée aux enfants, un puzzle est intégré pour encourager leur participation. Chaque fois qu'ils terminent une série d'images, ils obtiennent une pièce du puzzle.

Cette tâche comprend 68 mots qui varient d'une à quatre syllabes, de différents niveaux de complexité phonologique. Étant donné qu'elle a pour seul objectif de tester les représentations phonologiques lexicales et non pas le vocabulaire expressif, des items imageables ont soigneusement été sélectionnés pour leur haute fréquence d'occurrence et leur accessibilité pour les plus jeunes. Le calcul des fréquences lexicales a été réalisé à partir de la base de données MANULEX (Lété et al., 2004). La tâche contient l'ensemble des segments du français (voyelles et consonnes) dans deux positions dans le mot au minimum. Une liste de tous les items avec les amorçages sémantique et phonologique se trouve en Annexe 7.

Les processus linguistiques du modèle de Meloni (2022) impliqués dans cette tâche sont l'encodage phonologique, la planification, la programmation et l'exécution motrice.

2.1.2.4. Répétition de pseudo-mots

La tâche de répétition de pseudo-mots de la batterie EULALIES a été conçue pour tester les compétences perceptives des enfants ainsi que pour évaluer les compétences d'encodage phonologique, la planification et la programmation motrice pour des séquences non-lexicales. Dans certains cas, la répétition de pseudo-mots peut permettre l'évaluation de la mémoire de travail, étant donné qu'il est nécessaire de maintenir temporairement les informations phonologiques avant de les prononcer. Cependant, dans cette étude, l'objectif principal est de mesurer les représentations phonologiques et la précision articulatoire. Contrairement aux tâches de dénomination d'images et de détection d'altérations phonologiques, la répétition de pseudo-mots est une tâche qui mesure à la fois la perception et la production de parole, sans influence des compétences lexicales.

Dans cette tâche, l'enfant voit une image de monstre, ensuite, il voit une personne prononcer un pseudo-mot (modalité audiovisuelle) donné comme le nom du monstre, et on demande à l'enfant de répéter ce nom. Tous les items étaient pré-enregistrés dans une chambre anéchoïque. Cette tâche comprend 16 pseudo-mots utilisant tous les phonèmes du français et composés de deux à quatre syllabes avec différents degrés de complexité. En effet, les pseudo-mots présentent deux types de structures syllabiques. Certains pseudo-mots sont construits avec une structure syllabique simple de type Consonne-Voyelle ou Consonne-Glide-Voyelle et d'autres sont construits avec une structure syllabique complexe de type Consonne-Consonne-Voyelle ou Consonne-Voyelle-Consonne. La fréquence phonotactique a été calculée à partir de la base de données française Lexique (http://www.lexique.org) (New et al., 2004). En ce qui concerne la répartition des segments, toutes les consonnes et voyelles sont présentes dans au moins deux positions (initiale, médiane ou finale) dans les stimuli, à l'exception des glides qui n'apparaissent qu'une seule fois. La liste des 16 pseudo-mots utilisés dans cette tâche se trouve en Annexe 8.

Les processus linguistiques du modèle de Meloni (2022) impliqués dans cette tâche sont les traitements périphériques auditifs et visuels, le traitement auditif central, l'intégration multisensorielle, l'analyse phonétique et phonologique, la planification, la programmation et l'exécution motrice. L'apprentissage d'une nouvelle séquence articulatoire et la mémoire de travail verbale sont également des processus qui interviennent dans la réalisation de la tâche.

2.1.3. Tâches expérimentales : Mémoire de travail

2.1.3.1. Test d'empan endroit

La mémoire de travail verbale à court terme est évaluée à partir de la tâche d'empan endroit verbal de la batterie ODEDYS (Outil de Dépistage des DYSlexies, Jacquier-Roux et al., 2005) qui consiste à demander à l'enfant de répéter des séquences de chiffres énoncées oralement par l'expérimentateur·rice (voir Annexe 9). Plus l'enfant réussit, plus le nombre de chiffres augmente. L'épreuve s'arrête lorsque l'enfant échoue deux fois pour le même nombre de chiffres. Ainsi, cette tâche nous permet d'obtenir un empan endroit verbal, c'est-à-dire, le maximum de chiffres que l'enfant peut mémoriser et répéter, dans l'ordre dans lequel ils ont été présentés.

2.1.3.2. Test d'empan visuo-spatial

Pour les enfants avec des difficultés langagières, le test de l'empan endroit verbal entraine, outre l'enjeu de mémoire de travail, une difficulté supplémentaire liée au fait qu'il implique

des compétences auditivo-verbales. Pour pallier ce problème et mesurer la mémoire à court terme visuo-spatiale, une tâche d'empan visuo-spatial du logiciel PathSpan (Corsi Block, version pour enfants) est utilisée (LeFevre et al., 2010). Une tablette est placée devant l'enfant. Une grenouille effectue un trajet en passant par différents points verts (cf. Figure 2.2.4). L'enfant doit retenir le trajet emprunté par la grenouille et le reproduire dans le même ordre en appuyant sur les points verts (c'est-à-dire, les emplacements sur lesquels la grenouille est passée). De manière similaire à l'empan verbal, plus l'enfant réussit, plus le nombre de points verts augmente. La tâche s'arrête après deux échecs consécutifs sur le même nombre de points, ce qui permet d'obtenir un empan visuo-spatial (le plus grand nombre d'emplacements correctement rapportés dans le bon ordre).

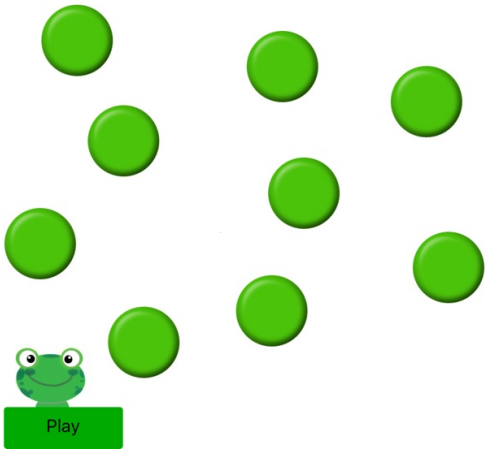


Figure 2.2.4. Tâche d'empan visuo-spatial à l'endroit PathSpan (version ludique)

2.1.4. Conscience phonologique

Une tâche de conscience phonologique issue de la batterie du Test d'Habiletés Phonologiques (THaPho) avait pour but d'analyser les compétences métaphonologiques des enfants sourds (Ecalle, 2007). Nous avons choisi cette batterie en raison de son utilisation d'images, ce qui réduit la dépendance aux compétences auditives et encourage le traitement métaphonologique. Nous n'avons utilisé que la tâche d'extraction phonologique, qui consiste à extraire l'unité (syllabique ou phonologique) commune à deux mots représentés par une image. L'enfant doit d'abord extraire la syllabe commune aux deux mots (extraction de syllabe). Par exemple, trouver la syllabe en commun entre le mot « bouchon » et « cochon ». Ensuite, l'enfant est amené à trouver le phonème commun aux deux mots (extraction de phonème). Par exemple, identifier le phonème en commun entre le mot « luge » et « cage ». Les extractions syllabiques ou phonologiques variaient entre la position initiale ou finale. Chaque item était présenté en modalité auditive. La liste avec tous les items de cette tâche se trouve en Annexe 10.

Cependant, étant donné que l'ensemble de la passation durait environ 45 minutes, certains enfants n'avaient plus les ressources cognitives ou motivationnelles pour réaliser cette dernière tâche (en particulier les enfants plus jeunes). Cette tâche n'a donc finalement pas été analysée en raison du faible nombre d'enfants inclus dans celle-ci.

2.1.5. Questionnaire de langage

Un questionnaire est adressé aux parents dans le but de recueillir des informations socio-démographiques sur l'enfant et sa famille (voir Annexe 11). Pour tous les enfants de l'échantillon, nous avons recueilli des informations concernant l'âge chronologique de l'enfant, son sexe, son niveau scolaire, son école, les langues parlées à la maison, la profession des parents, ainsi que d'éventuels déficits langagiers, auditifs ou visuels. Pour les enfants porteurs d'implants cochléaires, nous avons recueilli des informations relatives à la surdité de l'enfant (âge du diagnostic, degré de surdité, type d'appareillage, âge au moment de l'implant cochléaire) ainsi que des informations sur les moyens de communication utilisés à la maison (AVT, LfPC, LSF ou autre). Pour les parents utilisant la LfPC à la maison, nous avons récolté des informations sur la durée d'exposition à la LfPC, les lieux d'exposition à la LfPC ainsi que la fréquence d'exposition à la LfPC. Pour les parents ayant utilisé ou utilisant l'AVT à la maison, nous leur avons demandé l'âge de l'enfant lors de la première et de la dernière séance d'AVT.

La confidentialité est garantie par le fait qu'un identifiant anonyme unique (par exemple, un numéro de participant) est utilisé dans les données, les analyses et les documents. De plus, aucune donnée à caractère personnel n'apparaît dans les publications. Dans les fichiers de données, nous conservons le sexe, l'âge en mois au moment de la passation, le niveau scolaire, les langues parlées à la maison, ainsi que plusieurs variables relatives à la surdité de l'enfant. Toutes ces informations sont codées, avec un tableau de correspondance dans un fichier distinct.

2.1.6. Test d'Évaluation de la Réception du Message Oral (TERMO)

Seuls les enfants porteurs d'implants cochléaires et exposés à la LfPC sont concernés par ce test. De nombreux travaux identifient un apport de la LfPC sur le développement de la parole et du langage en comparant les enfants sourds exposés à la LfPC aux enfants sourds sans exposition à ce code (Charlier & Leybaert, 2000; Périer et al., 1990). Des travaux récents de Machart et al. (2022) sur la production de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires montrent que le niveau de décodage de la LfPC est une variable essentielle pour étudier les effets de l'exposition à la LfPC. Dans notre étude, le test utilisé pour mesurer le niveau de

décodage de la LfPC est le même que dans l'étude de Machart et al. (2022). Le test TERMO (Test d'Évaluation de la Réception du Message Oral, Descourtieux et al., 1999) a pour but d'évaluer la réception du message parlé, sans évaluer sa compréhension. Ainsi, lorsque l'enfant est exposé à la LfPC, plusieurs modalités de réception sont évaluées :

- Audio seul
- Audio + lecture labiale
- Auditio + lecture labiale + clés de la LfPC
- Lecture labiale seule
- Lecture labiale + clés de la LfPC

Dans notre étude, nous proposons à l'enfant uniquement les modalités « Audition + lecture labiale + clés de la LfPC » et « Lecture labiale + clés de la LfPC ». L'objectif est de mesurer les performances en décodage de la LfPC. De ce fait, la modalité « Audio + lecture labiale + clés de la LfPC » sert uniquement de phase d'entrainement. L'évaluation du niveau de décodage est effectuée à partir de la modalité « Lecture labiale + clés de la LfPC ».

Tous les stimuli sont pré-enregistrés par une codeuse professionnelle en LfPC. Dans un premier temps, on demande à l'enfant de répéter une liste de dix mots simples présentés dans la modalité « Audition + lecture labiale + clés de la LfPC » (phase d'entraînement). Ensuite, une autre liste de dix mots simples est présentée dans la modalité « Lecture labiale + clés de la LfPC », et l'enfant doit répéter ce qui a été dit par la codeuse. Si l'enfant parvient à répéter plus de cinq mots dans cette dernière modalité (sans voix), alors on lui propose de répéter deux séries de dix phrases. Comme pour les séries de mots, la première série de phrases, servant de phase d'entraînement, est présentée dans la modalité « *Audio + lecture labiale + clés de la LfPC* ». La deuxième série de phrases est présentée dans la modalité « *Lecture labiale + clés de la LfPC* ».

À partir des scores obtenus pour la répétition des mots et des phrases en modalité « *Lecture labiale + clés de la LfPC* », quatre niveaux de décodage sont déterminés. Chaque mot ou phrase correctement rappelé sur le plan lexical obtient un point. À partir de ces niveaux, nous déterminons deux sous-groupes : niveau élevé de décodage (LfPC+) et faible niveau de décodage (LfPC). La table 2.2.1 ci-dessous indique les quatre niveaux et les deux sous-groupes.

En fonction de l'âge chronologique de l'enfant, différentes listes de mots et de phrases sont présentées. Les listes destinées aux enfants de moins de 8 ans et aux enfants à partir de 8 ans sont détaillées en Annexe 12.

Table 2.2.1. Score de décodage des enfants exposés à la LfPC à partir du test TERMO dans la modalité « lecture labiale + clés de la LfPC ».

	Score répétition de mots	Score répétition de phrases	Sous-groupe
Niveau 4	< 4	/	Faible niveau de décodage (LfPC-)
Niveau 3	< 6	/	Faible niveau de décodage (LfPC-)
Niveau 2	> 5	< 4	Niveau de décodage élevé (LfPC+)
Niveau 1	> 5	> 3	Niveau de décodage élevé (LfPC+)

2.2. Protocole expérimental

2.2.1. Déroulement

L'enfant est assis à une table sur laquelle se trouvent un ordinateur et un enregistreur audio. Un micro-tête est également placé sur sa tête, et relié à l'enregistreur numérique, afin d'enregistrer plus spécifiquement sa voix. Cette installation nous permet de capter à la fois la voix de l'enfant et la voix de l'expérimentateur·rice. L'expérimentateur·rice est installé·e à sa droite, face à l'écran d'ordinateur. Après avoir obtenu le consentement écrit des parents, le questionnaire, rempli en amont par les parents, et le consentement oral des enfants, les tâches expérimentales et d'inclusion sont effectuées dans l'ordre suivant :

- Test TERMO (pour les enfants exposés à la LfPC uniquement) (Busquet & Descourtieux, 2000)
- Audiométrie (pour les enfants normo-entendants uniquement)
- Tâche d'empan de chiffres endroit (ODEDYS, Jacquier-Roux et al., 2005)
- Tâche d'empan visuo-spatial (PathSpan, LeFevre et al., 2010)
- Production d'énoncés (ELO, Khomsi, 2001)
- Dénomination d'images (EULALIES, Meloni et al. 2018)
- Détection d'altérations phonologiques (EULALIES, Meloni et al. 2018)
- Répétition de pseudo-mots (EULALIES, Meloni et al. 2018)
- Conscience phonologique (THaPho, Ecalle)

La passation totale durait environ 45 minutes.

2.2.2. Matériel

Nous utilisons un enregistreur numérique Zoom (H4n Pro) pour enregistrer les données audio. Les enfants portent un micro-tête SHURE (Beta 54R) et l'audiométrie est réalisée à l'aide d'un audiomètre Electronica 9910. Les stimuli visuels sont présentés à partir d'un ordinateur portable Macbook Pro placé devant l'enfant. Le volume de diffusion des stimuli audio est réglé à un niveau confortable d'écoute.

2.3. Participant·e·s

Nous avons utilisé les données de la cohorte EULALIES (Meloni et al. 2018) d'enfants âgés de 60 à 140 mois recueillies dans le cadre de la thèse de Geneviève Meloni (2022), pour les enfants normo-entendants, et de Laura Machart (2022), pour les enfants normo-entendants et porteurs d'implants cochléaires. Pour cette thèse, nous avons recruté de nouveaux enfants normo-entendants et porteurs d'implants cochléaires afin d'élargir cette cohorte.

2.3.1. Groupe contrôle d'enfants normo-entendants

Le groupe contrôle est composé d'enfants normo-entendants (NE) appartenant à la grande cohorte d'enfants typiques du projet EULALIES (Meloni et al., 2018). Tous les enfants normo-entendants avaient une mémoire de travail (évaluée avec l'empan verbal de chiffres à l'endroit) et des compétences morphosyntaxiques (évaluées à partir de la tâche de production d'énoncés de la batterie ELO) dans les normes attendues pour leur âge. Aucun des enfants n'a été exposé quotidiennement à une autre langue que le français (qui est leur langue maternelle) et tous les enfants ont été recrutés dans des écoles de l'agglomération grenobloise.

Tous les enfants NE n'ont pas réalisé toutes les tâches proposées. Certains enfants ont passé une version plus courte de la tâche de dénomination d'images et n'ont pas été inclus dans les résultats de cette tâche. Par ailleurs, la tâche d'empan visuo-spatial a été rajouté plus tardivement, ce qui fait que tous les enfants n'ont pas réalisé cette tâche. La table 2.2.2 ci-dessous représente le nombre d'enfants pour chacune des tâches, ainsi que la moyenne, l'écart-type, la médiane et l'écart interquartile concernant l'âge chronologique de ces enfants.

Table 2.2.2. Informations sur l'âge chronologique des enfants normo-entendants pour les tâches de détection d'altérations phonologiques, de dénomination d'images, de répétition de pseudo-mots, d'empan verbal et d'empan visuo-spatial. Moyenne, écart-type (ET), médiane et l'écart interquartile (EI).

		Age chronologique (mois)	
	Nombre	Moyenne (ET)	Médiane (EI)
Détection d'altérations phonologiques	90	84.69 (16.08)	88.5 (33)
Dénomination d'images	81	86.1 (17.9)	81 (25.5)
Répétition de pseudo-mots	99	87.67 (18.63)	81 (23.5)
Empan verbal	106 (56 analysés)	95 (22.24)	88 (35)
Empan visuo-spatial	56	95.41 (24.26)	86 (39.5)

2.3.2. Groupe d'enfants porteurs d'implants cochléaires

Pour les enfants porteurs d'implants cochléaires, les critères d'inclusion étaient les suivants :

- Age chronologique compris entre 5 et 11 ans
- Perte auditive profonde ou sévère
- Au moins un implant cochléaire
- Langue maternelle française et sans exposition quotidienne à une autre langue
- Aucun autre trouble diagnostiqué

Chaque enfant avait au moins douze mois d'expérience avec l'implant cochléaire pour assurer une certaine constance dans leur utilisation des informations phonologiques. En dehors de la surdité de l'enfant, aucun enfant n'avait de trouble supplémentaire diagnostiqué, tel que les troubles du spectre autistique, les troubles du comportement, les difficultés d'apprentissage, les troubles moteurs ou les déficits intellectuels. Cependant, tous les enfants étaient suivis en orthophonie, à l'exception de 7 enfants qui n'y étaient plus suivis.

La table 2.2.3 présente les caractéristiques démographiques de tous les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires inclus dans les différentes études. Le nombre d'enfants variait en fonction des tâches proposées pour plusieurs raisons :

- Certains enfants n'ont pas pu réaliser toutes les tâches en raison de la durée totale de la passation (LV_013, LV_018, LV_048, LV_050, LV_051, LV_052, LM_068).
- Certains enfants ont été soumis à des modalités de passation différentes des autres (LM_005 , LM_009 , LM_010 , LM_012 , LM_018 , LM_019). En effet, les stimuli d'origine étaient présentés en audiovisuel + LfPC. Étant donné que l'objectif de notre étude est de mesurer l'apport de la LfPC sur la perception de parole audiovisuelle (sans

les clés manuelles), nous n'avons pas inclus ces enfants dans les tâches de perception de la parole (détection d'altérations phonologiques et répétition de pseudo-mots).

- Un enfant présentait un trouble de l'articulation (LV_006), nous ne l'avons donc pas inclus dans les tâches de production de la parole.
- La tâche de mémoire de travail visuo-spatial a été ajoutée ultérieurement, ce qui fait que tous les enfants n'ont pas réalisé cette tâche (LM_005 , LM_009 , LM_010 , LM_012 , LM_018 , LM_019, LM_056).

Table 2.2.3. Caractéristiques socio-démographiques des 45 enfants sourds porteurs d'implants cochléaires inclus dans les différentes études.

	ID	Groupe	Sexe[1]	Age (mois)	Niveau scolaire[2]	Age 1er IC (mois)	Type d'implant[3]	Seuils auditifs avec IC (dB)	Niveau LSF[4]	Tâches réalisées[5]
1	LV_001	AVT	M	66	CP	17	IC;IC	25	Faible	1,2,3,4,5
2	LV_003	AVT	M	81	CP	17	IC;IC	25	Faible	1,2,3,4,5
3	LV_004	AVT	M	107	CE2	48	IC;IC	25	Faible	1,2,3,4,5
4	LV_005	AVT	M	85	CE1	29	IC;IC	30	Moyen	1,2,3,4,5
5	LV_006	AVT	F	69	GSM	13	IC;IC	25	Faible	1,4,5
6	LV_007	AVT	F	114	CM1	22	IC;IC	25	Faible	1,2,3,4,5
7	LV_009	AVT	F	67	GSM	12	IC;IC	25	Faible	1,2,3,4,5
8	LV_012	AVT	M	76	CP	11	IC;IC	NA	Faible	1,2,3,4,5
9	LV_013	AVT	M	70	MSM	23	IC;IC	25	Faible	2,3,4,5
10	LV_015	AVT	F	85	CP	18	IC;IC	15	Faible	1,2,3,4,5
11	LM_005	LfPC+	M	128	CM2	11	IC;IC	45	Faible	2,4
12	LM_009	LfPC+	F	125	CM1	58	ACA;IC	30	Faible	2,4
13	LM_010	LfPC+	M	107	CE1	44	ACA;IC	40	Faible	2,4
14	LM_012	LfPC+	M	139	6eme	22	IC;IC	25	Faible	2,4
15	LM_018	LfPC+	F	118	CM1	10	IC;IC	25	Faible	2,4
16	LM_019	LfPC+	M	60	GSM	33	IC;ACA	25	Moyen	2,4
17	LM_064	LfPC+	M	110	CE2	15	IC;IC	20	Faible	1,2,3,4,5
18	LM_069	LfPC+	F	77	GSM	12	IC;IC	25	Bon	1,2,3,4,5
19	LV_002	LfPC+	F	132	6eme	18	IC;IC	20	Faible	1,2,3,4,5
20	LV_022	LfPC+	F	91	CP	22	IC;IC	25	Faible	1,2,3,4,5
21	LV_024	LfPC+	M	111	CM1	85	IC;IC	20	Faible	1,2,3,4,5
22	LV_029	LfPC+	M	86	CP	20	IC;IC	20	Bon	1,2,3,4,5
23	LV_048	LfPC+	M	66	CP	8	IC;IC	30	Faible	2,3,4,5
24	LV_050	LfPC+	M	62	GSM	38	ACA;IC	25	Bon	2,3,4,5
25	LM_056	LfPC-	M	135	CM2	18	IC;IC	NA	Bon	1,2,3,4
26	LM_061	LfPC-	M	100	CE1	36	IC;IC	NA	Moyen	1,2,3,4,5

27	LM_065	LfPC-	F	114	CM1	12	IC;IC	25	Bon	1,2,3,4,5
28	LM_066	LfPC-	F	139	6eme	19	IC;IC	30	Bon	1,2,3,4,5
29	LM_067	LfPC-	M	74	CP	28	IC;IC	30	Moyen	1,2,3,4,5
30	LM_068	LfPC-	F	79	GSM	24	IC;IC	40	Moyen	2,3,4,5
31	LV_008	LfPC-	M	74	CP	11	IC;IC	NA	Faible	1,2,3,4,5
32	LV_010	LfPC-	M	65	GSM	49	ACA;IC	20	Faible	1,2,3,4,5
33	LV_011	LfPC-	F	103	CE2	74	IC;IC	25	Faible	1,2,3,4,5
34	LV_016	LfPC-	F	72	GSM	12	IC;IC	15	Faible	1,2,3,4,5
35	LV_017	LfPC-	M	94	CE1	60	IC;IC	NA	Faible	1,2,3,4,5
36	LV_018	LfPC-	M	111	CE2	26	IC;IC	20	Faible	1,2,3,4
37	LV_019	LfPC-	F	64	MSM	15	IC;IC	30	Moyen	1,2,3,4,5
38	LV_020	LfPC-	F	99	CE2	22	IC;IC	25	Moyen	1,2,3,4,5
39	LV_021	LfPC-	F	120	CM1	16	IC;IC	20	Faible	1,2,3,4,5
40	LV_023	LfPC-	M	77	CP	14	IC;IC	30	Faible	1,2,3,4,5
41	LV_025	LfPC-	M	86	CE1	19	IC;IC	20	Moyen	1,2,3,4,5
42	LV_026	LfPC-	M	92	CE1	19	IC;IC	20	Moyen	1,2,3,4,5
43	LV_036	LfPC-	M	84	CP	23	IC;ACA	25	Bon	1,2,3,4,5
44	LV_051	LfPC-	F	109	CE2	11	IC;IC	25	Moyen	2,3,4,5
45	LV_052	LfPC-	F	118	CM1	94	IC;IC	25	Faible	2,3,4,5

[1] Sexe : M = Masculin ; F = Féminin.

[2] Niveau scolaire : MSM = Moyenne Section de Maternelle ; GSM = Grande Section de Maternelle ; CP = Cours Préparatoire ; CE1 = Cours Élémentaire 1 ; CE2 = Cours Élémentaire 2 ; CM1 = Cours Moyen 1 ; CM2 = Cours Moyen 2.

[3]Type d'implantation : IC;IC = implantation bilatérale (2 implants cochléaires); IC;ACA = implantation bimodale (un implant cochléaire d'un côté et un appareil auditif de l'autre).

[4]Niveau LSF : celui-ci a été estimé par les parents de l'enfant par l'intermédiaire des questionnaires de langage.

[5]Tâches réalisées : 1 = Détection d'altérations phonologiques ; 2 = Dénomination d'images ; 3 = Répétition de pseudo-mots ; 4 = Empan verbal ; 5 = Empan visuo-spatial.

Les enfants ont été recrutés par l'intermédiaire de deux associations : l'ALPC[16] (Association nationale pour la promotion de la Langue française Parlée Complétée) pour les enfants exposés à la LfPC et l'ADEFAV[17] (L'Association des Familles AVTistes) pour les enfants ayant participé à une thérapie AVT. Par ailleurs, le CHU de Grenoble (service d'implantation

[16] https://alpc.asso.fr/
[17] https://www.adefav.fr/

cochléaire) nous a également aidée dans le recrutement des enfants porteurs d'implants cochléaires.

Les enfants sourds venaient tous de France et n'étaient pas exposés quotidiennement à une autre langue que le français. La figure 2.2.5 ci-dessous indique les régions où habitent les enfants recrutés pour les différentes études.

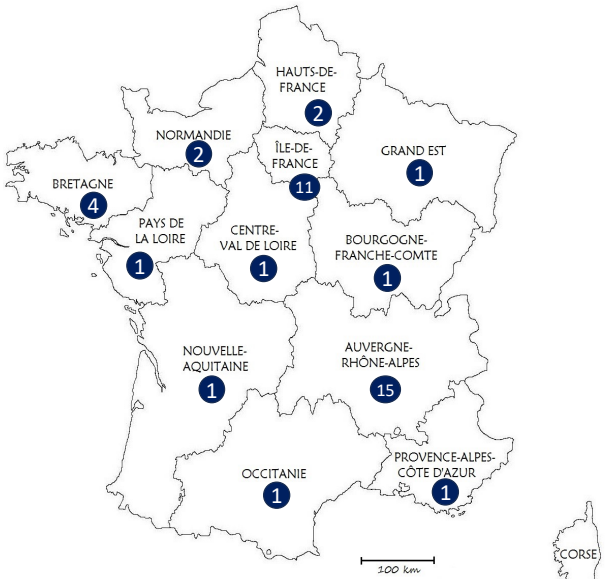


Figure 2.2.5. Nombre d'enfants sourds recrutés pour chaque région de France.

Pour les enfants exposés à la LfPC, nous avons également récolté des informations auprès des parents concernant l'exposition à ce code : la fréquence d'utilisation (quotidienne, hebdomadaire ou occasionnelle), la précocité de son utilisation (depuis la naissance, depuis la maternelle ou depuis la primaire) et les lieux où l'enfant est exposé à la LfPC (à l'école et/ou à la maison). La table 2.2.4 regroupe les informations liées à l'exposition à la LfPC.

Table 2.2.4. Informations liées à l'exposition de la LfPC : fréquence d'exposition à la LfPC, précocité de l'exposition et lieux d'exposition.

	Fréquence d'exposition à la LfPC			Précocité de l'exposition			Lieux d'exposition		
	Quotidienne N = 18	Hebdomadaire N = 10	Occasionnelle N = 6	Naissance N = 10	Maternelle N = 17	Primaire N = 7	Maison + École N = 24	Maison N = 6	École N = 4
LfPC+	N = 13	N = 1	N = 0	N = 7	N = 6	N = 1	N = 13	N = 1	N = 0
LfPC-	N = 5	N = 9	N = 6	N = 3	N = 11	N = 6	N = 11	N = 5	N = 4

Les cinq tables ci-dessous (une table par tâche) présentent le nombre d'enfants par groupe, l'âge chronologique de ces enfants (mois), l'âge de la pose du premier implant cochléaire (mois) et les seuils auditifs après l'implantation (dB).

Détection d'altérations phonologiques

Table 2.2.5. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche de détection d'altérations phonologiques.

	N	Age chrono (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Age 1er implant (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Seuils auditifs avec IC (dB) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*
AVT	9	83.33 (17.09) ; *81 (16)*	20.78 (11.61) ; *17 (9)*	24.5 (4.17) ; *25 (0)*
LfPC+	6	101.17 (20.21) ; *100 (23.5)*	28.67 (27.82) ; *19 (5.75)*	22.5 (2.88) ; *22.5 (5)*
LfPC-	19	94.68 (21.97) ; *94 (31.5)*	29.63 (22.55) ; *19 (16.5)*	25 (6.27) ; *25 (10)*

Moyenne (Moy.), Écart-Type (ET), Médiane et Écart Interquartile (EI).

Dénomination d'images

Table 2.2.6. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche de dénomination d'images.

	N	Age chrono (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Age 1er implant (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Seuils auditifs (dB) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*
AVT	9	81.66 (17.63) ; *76 (15.75)*	20.11 (11.25) ; *17 (9)*	23.75 (3.53) ; *25 (0)*
LfPC+	14	100.85 (27.09); *108.5 (44)*	28.28 (21.84) ; *21 (5.75)*	26.78 (7.49) ; *25 (7.5)*
LfPC-	21	95.66 (21.98) ; *94.0 (34)*	28.66 (22.37) ; *19 (11.5)*	24.06 (4.55) ; *25 (6.25)*

Répétition de pseudo-mots

Table 2.2.7. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche de répétition de pseudo-mots.

	N	Age chrono (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Age 1er implant (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Seuils auditifs (dB) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*
AVT	9	81.66 (17.63) ; *81 (16)*	20.11 (11.25) ; *17 (9)*	23.75 (3.53) ; *25 (0)*
LfPC+	8	91.87 (24.26) ; *88.5 (36)*	27.25 (24.98) ; *19 (11.75)*	22.5 (2.88) ; *22.5 (5)*
LfPC-	21	95.66 (21.98) ; *94 (34)*	28.66 (22.37) ; *19 (11.5)*	24.06 (4.55) ; *25 (6.25)*

Empan verbal

Table 2.2.8. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche d'empan verbal.

	N	Age chrono (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Age 1er implant (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Seuils auditifs (dB) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*
AVT	10	82 (16.66) ; *78.5 (15.75)*	21 (10.97) ; *17.5 (9)*	24.44 (3.9) ; *25 (0)*

LfPC+	14	100.86 (27.09); *108.5 (44)*	28.28 (21.84) ; *21 (5.75)*	26.78 (7.49) ; *25 (7.5)*
LfPC-	21	95.66 (21.98) ; *94 (34)*	28.66 (22.37) ; *19 (11.5)*	24.06 (4.55) ; *25 (6.25)*

Cependant, seuls les enfants ayant réalisé les deux tâches d'empan verbal ont été analysés dans le cinquième article de la thèse portant sur les compétences en mémoire de travail verbale et visuo-spatiale des enfants sourds.

Empan visuo-spatial

Table 2.2.9. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB) pour les enfants porteurs d'implants cochléaires de la tâche d'empan visuo-spatial.

	N	Age chrono (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Age 1er implant (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Seuils auditifs (dB) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*
AVT	10	82 (16.66) ; *78.5 (15.75)*	21 (10.97) ; *17.5 (8.75)*	24.44 (3.9) ; *25 (0)*
LfPC+	8	91.87 (24.26), *88.5 (36)*	27.25 (25.98) ; *19 (11.75)*	23.12 (3.72) ; *22.5 (5)*
LfPC-	19	92.78 (20.71), *92 (30.5)*	29.36 (23.43) ; *19 (17.5)*	24.33 (4.58) ; *25 (7.5)*

2.4. Traitement des données

2.4.1. Données sur la perception de parole

La tâche de détection d'altérations phonologiques est une tâche de perception de parole. Pour cette tâche, deux variables ont été prises en compte :

- Les acceptations correctes (codées 1 lorsque l'enfant a bien identifié que la forme phonologique du mot est correcte, et 0 lorsqu'il que le mot est incorrect), qui mesurent la bonne connaissance d'un mot
- Les rejets corrects (codés 1 lorsque l'enfant a bien identifié que la forme phonologique du mot est altérée, et 0 lorsqu'il indique que le mot est correct)

Ces deux scores ont été convertis en scores dprime (*d'*), dérivés de la théorie de la détection des signaux. Le score *d'* est une méthode qui calcule la sensibilité à la discrimination perceptive, indépendamment de la stratégie de décision dans les tâches de discrimination ou de catégorisation (Macmillan et Creelman, 2004). Ces analyses sont basées sur les *Hits* (c'est-à-dire, les acceptations correctes), les *False Alarms* (c'est-à-dire, les erreurs d'acceptation), les *Correct Rejects* (c'est-à-dire, les rejets corrects) et les *Miss* (c'est-à-dire, les erreurs sur les rejets). Ce score a été calculé à l'aide de la fonction *dprime* du logiciel R (R Core Team, 2012).

2.4.2. Données sur la production de parole

Les données de production de parole, comprenant la tâche de dénomination d'images et la tâche de répétition de pseudo-mots, sont traitées à l'aide du logiciel PHON (Hedlund & Rose, 2016). Ce logiciel permet la transcription et l'analyse d'ensembles importants d'enregistrements de parole. Les deux tâches sont transcrites et analysées séparément à partir de deux fichiers audio distincts pour chaque enfant. Après la découpe des fichiers audio, plusieurs étapes sont réalisées : la transcription, la validation, la syllabification, l'alignement et l'extraction des données. La thèse de Machart (2022) reprend plus en détails les différentes étapes du traitement des données de production de parole.

2.4.2.1. Transcriptions

Deux personnes sont chargées de la transcription des données de parole. Une première personne crée le fichier sur Phon pour chaque tâche et pour chaque enfant. Elle fait une première transcription pour tous les stimuli des deux tâches. Une deuxième personne effectue une deuxième transcription en double aveugle, afin d'éviter les biais de jugement perceptif. Les deux transcriptrices n'ont accès à aucune information socio-démographique concernant l'enfant. Des règles générales concernant les transcriptions ont été établies à partir de cinq transcriptrices, permettant d'harmoniser les annotations de toutes les transcriptrices impliquées dans le traitement des données.

2.4.2.2. Validation

Une fois les deux transcriptions en double aveugle réalisées, une troisième transcriptrice valide les annotations. Cette validation permet de trancher un éventuel désaccord entre les deux premières transcriptrices.

2.4.2.3. Syllabification et alignement

Enfin, après la transcription et la validation des données, la dernière étape consiste à syllabifier et à aligner les stimuli par rapport à la cible. Cela nous permet de déterminer avec précision quel phonème cible est remplacé par quel autre phonème, afin d'étudier les différents types d'erreurs, tels que les substitutions, les suppressions, les épenthèses, etc.

Voici un exemple du logiciel Phon illustré dans la Figure 2.2.6. L'item cible est situé en haut à gauche, avec les deux transcriptions et la validation affichées en haut à droite. En bas à gauche, on trouve la syllabification et l'alignement.

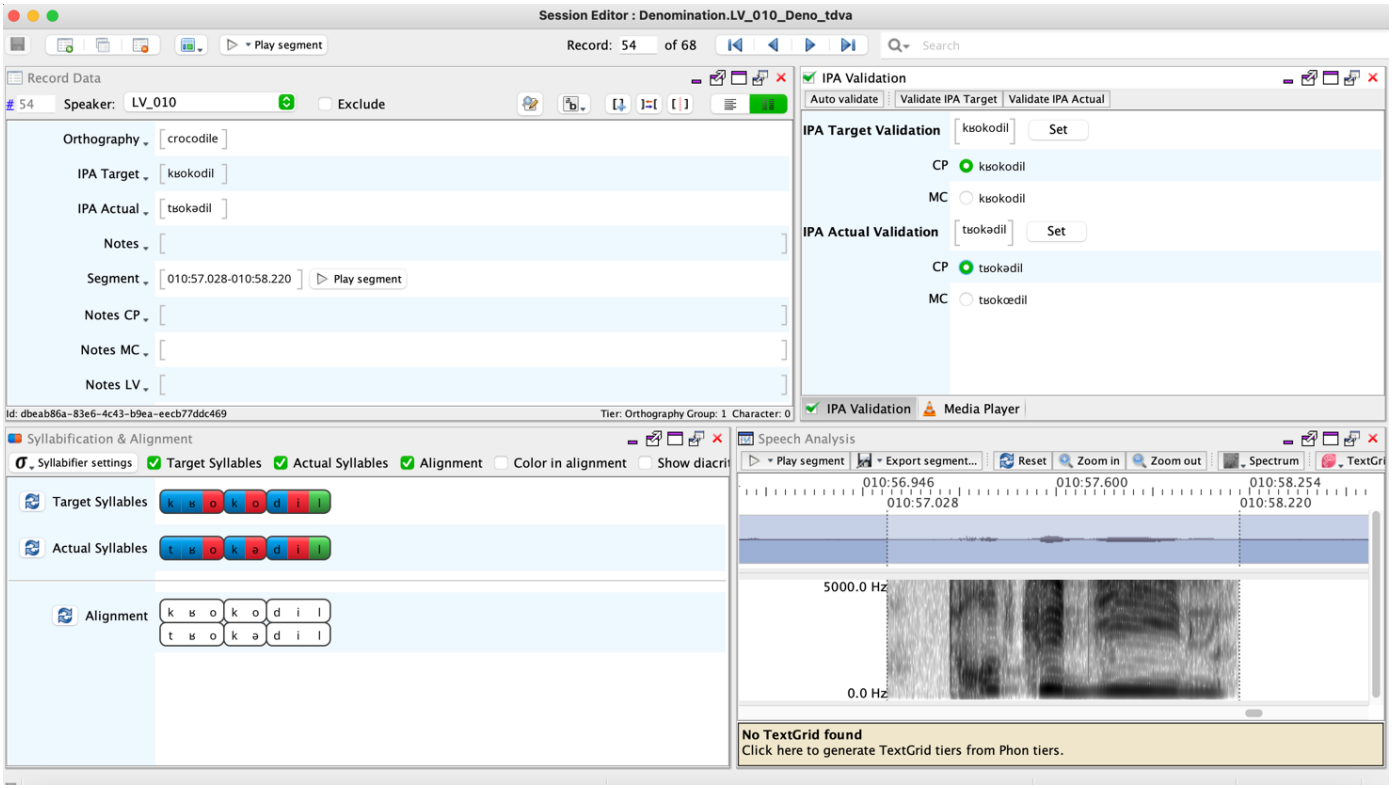


Figure 2.2.6. Exemple de transcription, validation, alignement et syllabification à partir du logiciel Phon.

2.4.3. Données sur la mémoire de travail

Pour les tâches de mémoire de travail verbale et visuo-spatiale, nous avons calculé l'empan verbal et l'empan visuo-spatial pour chaque enfant. L'empan correspond au nombre d'items (des chiffres pour l'empan verbal ou des emplacements pour l'empan visuo-spatial) qu'une personne arrive à retenir et à reproduire dans le bon ordre.

2.5. Extraction des données

Les données de production de parole sont extraites à partir du logiciel Phon. Dans le cadre de ce travail, les analyses se sont portées sur le pourcentage de phonèmes corrects (PPC), le pourcentage de consonnes correctes (PCC), le pourcentage de voyelles correctes (PVC), le nombre et le type de substitutions, le nombre de délétions ainsi que les processus phonologiques de voisement, dévoisement, nasalisation et dénasalisation.

Concernant les données de la détection d'altérations phonologiques et de la mémoire de travail, nous avons extrait les données à partir de tableaux Excel pour chaque enfant.

2.6. Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques et les graphiques présentés dans ce travail ont été élaborés à l'aide du logiciel R (R Development Core Team, 2012). Les analyses statistiques sont décrites

plus en détail dans les articles ci-dessous correspondant aux différentes tâches expérimentales et aux données recueillies.

La suite de cette thèse rassemble les quatre articles scientifiques ayant mis en œuvre cette méthodologie et évaluant les avantages de l'AVT et de la Langue française Parlée Complétée en ce qui concerne le développement de la parole et de la mémoire de travail.

3. Article 2. Speech rehabilitation in children with cochlear implants using a multisensory (French Cued Speech) or a hearing-focused (Auditory Verbal Therapy) approach

L'objectif principal de cette étude est de répondre à la question de recherche suivante : « est-ce que les approches de soutien à la communication de nature multisensorielle ou centrée sur l'audition sont efficaces pour le développement de la perception de la parole chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ? ». En utilisant une tâche de détection d'altérations phonologiques, l'objectif est de déterminer si l'Auditory Verbal Therapy et l'exposition à la Langue française Parlée Complétée permettent aux enfants porteurs d'implants cochléaires d'avoir une perception de parole dans les normes attendues pour leur âge.

Cette étude est présentée sous forme d'article et a été publiée le 12 mai 2023 dans la Revue « *Frontiers in Human Neurosciences* » dans une édition spéciale « *Collection on Cochlear Implantation and Speech Perception* ».

Van Bogaert L, Machart L, Gerber S, Lœvenbruck H, Vilain A and Consortium EULALIES (2023) Speech rehabilitation in children with cochlear implants using a multisensory (French Cued Speech) or a hearing-focused (Auditory Verbal Therapy) approach. *Front. Hum. Neurosci*. 17:1152516. doi: 10.3389/fnhum.2023.1152516.

Ces résultats ont également été présentés sous forme de poster ou de présentations orales lors de plusieurs conférences :

- Van Bogaert, L., Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H. & Consortium EULALIES (2022). Speech perception in children with cochlear implants: A study of Auditory Verbal Therapy and French Cued Speech. *Comm4CHILD Workshop*, Grenoble, France.
- Van Bogaert, L., Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H. & Consortium EULALIES (2022). Perception de la parole chez les enfants porteurs d'implants cochléaires. *Cued Speech Europa,* Bruxelles, Belgique.
- Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2022). Perception de parole chez l'enfant porteur d'implant(s) cochléaire(s) : Étude sur l'Auditory Verbal Therapy et la Langue française Parlée Complétée. *Journées d'Etudes sur la Parole (JEP)*, Noirmoutier, France [Poster, Annexe 15].

- Van Bogaert, L., Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H. & Consortium EULALIES (2023). Speech perception and production in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches. *Comm4CHILD Workshop*, Leuven, Belgique.
- Van Bogaert, L., Machart, L. Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2023). Perception de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires : apports de l'Auditory Verbal Therapy et la Langue française Parlée Complétée. *Journées de Phonétique Clinique (JPC)*, Toulouse, France [Annexe 14 pour l'article et Annexe 15 pour le poster].

Les données de l'article, ainsi que les analyses statistiques sont disponibles publiquement sur OSF (Open Science Framework): https://osf.io/n83zr/.

frontiers

Speech rehabilitation in children with cochlear implants using a multisensory (French Cued Speech) or a hearing-focused (Auditory Verbal Therapy) approach

Lucie Van Bogaert1[1]*, Laura Machart[1,2], Silvain Gerber[2], Hélène Lœvenbruck[1†] and Anne Vilain[2†] and Consortium EULALIES

[1] Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, 38000 Grenoble, France
[2] Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, CNRS, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France

Members of the EULALIES consortium include, in alphabetical order, Maud Costa (Université Grenoble Alpes, France), Estelle Gillet-Perret (CRTLA, Centre Hospitalier Universitaire Grenoble Alpes, France), Andrea A. N. MacLeod (University of Alberta, Edmonton, Canada), Geneviève Meloni (Université Grenoble Alpes, France and Université de Montréal, Montréal, Canada), Clarisse Puissant (Université Grenoble Alpes, France), and Yvan Rose (Memorial University, Newfoundland, Canada).

*** Correspondence:**
Lucie Van Bogaert
Lucie.van-bogaert@univ-grenoble-alpes.fr

Keywords: **Speech perception, Children, Hearing Impairment, Cochlear Implants, Auditory Verbal Therapy, French Cued Speech, Speech rehabilitation**

1. Abstract

Early exposure to a rich linguistic environment is essential as soon as the diagnosis of deafness is made. Cochlear implantation (CI) allows children to have access to speech perception in their early years. However, it provides only partial acoustic information, which can lead to difficulties in perceiving some phonetic contrasts. This study investigates the contribution of two spoken speech and language rehabilitation approaches to speech perception in children with CI, using a lexicality judgment task from the EULALIES battery. Auditory Verbal Therapy (AVT) is an early intervention program that relies on auditory learning to enhance hearing skills in deaf children with CI. French Cued Speech, also called Cued French (CF), is a multisensory communication tool that disambiguates lip reading by adding a manual gesture. In this study, 124 children aged from 60 to 140 months were included: 90 children with typical hearing skills (TH), 9 deaf children with CI who had participated in an AVT program (AVT), 6 deaf children with CI with high Cued French reading skills (CF+), and 19 deaf children with CI with low Cued French reading skills (CF-). Speech perception was assessed using sensitivity (*d'*) using both the hit and false alarm rates, as defined in signal-detection theory. The results show that children with cochlear implants from the CF- and CF+ groups have significantly lower performance compared to children with typical hearing (TH) ($p<.001$ and $p=.033$, respectively). Additionally, children in the AVT group also tended to have lower scores compared to TH children ($p=.07$). However, exposition to AVT and CF seems to improve speech perception. The scores of the children in the AVT and CF+ groups are closer to typical scores than those of children in the CF- group, as evidenced by a distance measure. Overall, the findings of this study provide evidence for the effectiveness of these two speech and language rehabilitation approaches, and highlight the importance of using a specific approach in addition to a cochlear implant to improve speech perception in children with cochlear implants.

2. Introduction

The estimated incidence of childhood deafness before the age of two is two per 1,000 births (HAS, 2009). The developmental trajectories of deaf children are varied and different communication modalities are adopted. Some deaf children may use spoken language as their primary mode of communication, while others may use sign language, which is fully accessible to deaf people in terms of perception and production, as it does not rely on auditory perception. Some deaf children may also use a combination of both, known as bilingual and bimodal communication (sign language and spoken language). The choice between different interventions will depend on medical variables related to the child (etiology and severity of the deafness, associated comorbidities such as neurological disabilities) but also on the hearing status of the parents. Indeed, according to Hall et al. (2019), up to 95% of deaf children are born into homes where only spoken languages are in use. Thus, the parents' own communication mode also influences their choice of communication modality for their child. In France, most parents (72% according to the CISIC survey in 2021) opt for spoken communication with their child (CISIC, 2021) and cochlear implantation is a common practice (Parent et al., 2020). Yet data on spoken language skills in children with cochlear implants who are raised in a spoken communication environment are very scarce. The aim of the present study is to document the spoken language perception abilities in this population.

Many factors have been shown to influence speech perception in children with hearing impairment. Early detection of deafness, early intervention and early hearing technology fitting are key factors in receptive language skills (Bubbico et al., 2007; O'Donoghue et al., 2000). The introduction of universal newborn hearing screening in many countries allows early detection of hearing loss and enables parents who opt for spoken communication to make early decisions about hearing aids, cochlear implantation as well as speech and language rehabilitation tools to be used at home.

While a hearing aid amplifies sound acoustically, a cochlear implant is a hearing device that requires an invasive medical surgery. It works by direct electrical stimulation to the auditory nerve. It is now a widely used hearing technology for profound deafness (when the inner part of the cochlea is damaged). There is an accepted view that cochlear implants improve speech perception (Gaylor et al., 2013; Kelsall et al., 2021). Indeed, it has been shown that restoration of sensory function by cochlear implants can reverse or reorganise some of the widespread neurocognitive effects of sensory loss (Kral et al., 2016). After cochlear implantation, many deaf children develop speech skills approaching those of their hearing peers, but heterogeneity is considerable (O'Donoghue et al., 2000). In congenitally deaf children, age at implantation is one of the main factors in the variability of outcomes (Boons et al., 2012). Indeed, studies have shown that early implantation before the age of 24 months improves on the development of phonological skills of children with cochlear implants (Colin et al., 2017). However, cochlear implantation is not always sufficient for a child to develop adequate hearing skills. One reason for this is that the acoustic signal provided by the implant is degraded (Bouton et al., 2012). The implant provides only partial acoustic information, which can lead to difficulties in perceiving some phonetic contrasts. Limited phonological skills may in turn impact on spoken language development (Hansson et al., 2018; Leybaert & LaSasso, 2010). In acoustically-degraded situations, lipreading has been shown to improve auditory speech perception (Sumby & Pollack, 1954). However, lipreading alone is not sufficient for deaf children to develop perfect speech perception. Out of context, lipreading only gives access to 10 to 30% of a word or a sentence (Bernstein, Tucker, et al., 2000). Thus, the use of a complementary communication tool is usually recommended to families and professionals to sustain the development of speech perception.

In this context, Cued Speech (Cornett, 1967) is one of the speech and language rehabilitation tools recommended by professionals in France. The theoretical underpinnings of this method are provided by a large bulk of studies describing speech perception as a multisensory process involving the integration of auditory and visual cues. Cued Speech is a manual code that complements the auditory-visual speech information in order to disambiguate visually identical phonemes and improve phonological decoding. A manual cue consists of two parameters: a handshape representing the consonant and a hand position around the face disambiguating the vowel. A single manual cue can encode several phonemes, when these are distinguished by lip gestures (e.g. /m/, /t/ and /f/ are encoded with the same handshape but can be easily differentiated by lipreading). On the other hand, phonemes that share the same lip gesture are encoded with different manual cues (e.g. /p/, /b/ and /m/). Each language has its own Cued Speech, corresponding to its own phonological system. In this study, we investigated the benefits of French Cued Speech, also called Cued French (CF). It uses five hand positions around the face for vowels and eight handshapes for consonants. Cued Speech has been shown to improve speech perception in children with hearing impairment not only when audiovisual speech is presented together with manual cues (Ling & Clarke,1975) for Cued Canadian English; Uchanski et al., 1994 for Cued American English; Périer et al,1990 for CF) but also when cues are presented to children without auditory information (Nicholls & Ling, 1982). Moreover, a study on prelingually deaf French-communicating children reveals that the benefits of adding Cued Speech to lip-reading are higher when deaf children are exposed to Cued Speech early in life (Alegria et al., 1999). This study showed that CF substantially improved word and pseudo-word perception suggesting that CF corrects for lip-reading ambiguities. In addition, the improvement was more substantial in children exposed to CF at home before age 2 than in children exposed to CF later and solely at school. This suggests that the benefits of Cued Speech are most pronounced when it is introduced in early years and at home. It also implies that Cued Speech education is more beneficial when it is used in a more immersive way, rather than simply as part of a school curriculum. Furthermore, it has been suggested that Cued Speech exposure supports the development of more accurate phonological representations. Indeed, several studies showed that Cued Speech exposure leads to better phonological awareness, and promotes reading, spelling and memorization (Colin et al., 2017; Aparicio et al., 2012; Bouton et al., 2011; Trezek, 2017). Even more strikingly, a study by Aparicio et al. (2012) revealed that Cued French education improves lipreading skills in adults, even when manual cues are absent, and Kos et al. (2009) demonstrated that it even improves audio speech perception, without any visual cue (Kos et al., 2009). More recently, Cued French reading skills has also been shown to improve speech production in children with cochlear implants (Machart, 2022).

In parallel to this multisensory tool, Auditory Verbal Therapy (AVT) is beginning to gain acceptance in France. AVT is a specialized and early intervention program for deaf children, that focuses on auditory perception training, with the premise that auditory learning is key to the development of listening, speaking and language skills (Eriks-Brophy, 2004). AVT is a family-centered coaching program. Parents are encouraged to use auditory verbal strategies in everyday life in order to stimulate their child's auditory skills (Dettman, 2010). Each AVT session includes activities designed to encourage development of the child's listening skills, as well as ongoing assessment throughout the activities to adjust targets and provide continuous feedback to the child's parents on progress. Regular assessments of listening, language and speech skills are conducted using observation charts for younger children, or formal assessments with standardized tests for older children. Based on these assessments, specific goals are identified in collaboration with the family, taking into account the child's age, cognitive abilities, and language and auditory skills. Additionally, four auditory activities are usually performed during the sessions: sound detection, sound discrimination, sound identification and sound comprehension. For sound detection, the Ling's Six Sounds Test

(Ling & Ling, 1978; Ling, 2002) can be used, which involves identifying six sounds covering the frequency range of speech sounds ([a], [i], [u], [s], [ʃ], and [m]). This test helps determine whether the child can perceive all the sounds in the speech spectrum. The foundations of auditory-verbal practice are based on the 10 principles of the Alexander Graham Bell Academy for Listening and Spoken Language. These principles include the promotion of early diagnosis of hearing loss, the use of appropriate hearing technologies, the parent coaching and the need to provide an environment that supports listening for the acquisition of spoken language throughout the child's daily activities. While AVT is widely used and government-funded in some countries (e.g. Australia, Denmark, UK), there is still limited scientific evidence on its contribution to speech and language development. In a systematic review paper, Binos et al. (2021) selected and examined articles published in the last ten years, that met specific quality criteria. Only eight papers were eligible. The authors concluded that although the reviewed papers showed a positive impact of AVT on speech and language skills of children with cochlear implants (CI), the lack of well-controlled studies and the small sample sizes makes it difficult to generalize. These studies did not include a control group of normal-hearing participants and most did not control for bias in participants' age, age at implant or socioeconomic status (Binos et al., 2021). In one of these studies (Dettman et al., 2013), eight Australian children were enrolled in an AVT approach, 23 in an oralist approach (auditory-oral, AO) and 8 in bimodal bilingual communication (BB). The results showed that the AVT group performed better than the BB group in all measures of speech perception, but there was no significant difference between the AVT and AO groups. However, the hearing age in the AVT group was significantly higher than in the AO and BB groups. Another study compared the language skills of children with cochlear implants enrolled in different intervention approaches (Percy-Smith et al., 2018). The receptive and productive speech skills of 94 children who received "standard" Danish speech therapy were compared to those of 36 children who were enrolled in an AVT program. The "standard" rehabilitation consisted of speech and language therapy sessions once or twice a week and the therapy goals varied from child to child. Participants who received AVT had significantly higher scores in the three speech and language tasks i.e. a receptive vocabulary test, a Danish test for active vocabulary and a spoken language comprehension test (Percy-Smith, Tønning, et al., 2018). Finally, Yanbay et al. (2014) compared the lexical performance, the auditory comprehension and the expressive skills of 42 children with cochlear implants enrolled in three communication programs: 18 in AVT, 12 in AO and 9 in BB. Results showed no difference between the three groups. Overall, there is some evidence that AVT can be beneficial for children's speech and language development. However, the available studies are scant, have limitations and do not provide a clear consensus on the most effective approach. Additionally, the lack of a control group of typically-hearing children makes it difficult to determine whether the children in these studies are performing within the expected range for their age. A less recent review by Kaipa and Danser (2016) also shows that although some studies report that AVT can have a positive impact on spoken language skills, it is difficult to generalize their findings due to limited evidence and lack of well-controlled prospective studies. Future studies should use well-controlled group designs to minimize the role of external variables and strengthen the evidence for the benefits of AVT (Kaipa & Danser, 2016).

In the context of Evidence-Based Practice, clinicians are encouraged to make clinical decisions based on research evidence and national recommendations. Numerous approaches to sustain language and speech development in deaf children are used by clinicians. However, there is no consensus on the type of speech and language therapy that should be prioritized for deaf children (Demers & Bergeron, 2019; Gravel & O'Gara, 2003; Spencer et al., 2010). Several factors preclude drawing firm conclusions about the effectiveness of various intervention approaches. These include the lack of controlled studies, small sample sizes and

the many variables that impact child development. National health authorities in France ("Haute Autorité de Santé", HAS) recommend the use of tools involving multisensory modalities with deaf children (HAS, 2009). Therefore, HAS encourages the use of CF at home and at school. AVT, on the other hand, is not mentioned in the national guidelines.

Given the lack of scientific evidence to guide the choice of any particular method with deaf children, the preferred approach differs according to rehabilitation centres and countries. Some prefer a multisensory approach, arguing that speech perception is multisensory and that all phonemes should be made accessible and visible. Others favour an auditory-focused approach, arguing that the cerebral auditory regions need to be stimulated at an early age to develop adequate speech and language performance.
In this context, an exploratory survey was conducted to provide an overview of current speech and language intervention as well as educational practices with deaf children in France (Van Bogaert et al., 2022 in prep). The aim was to gain a clearer picture of the proportion of deafness professionals and parents currently using various language rehabilitation approaches with deaf children. The results obtained from 246 professionals and 215 parents showed that CF is used by 49% (n = 120) of professionals and 24% (n = 51) of parents. On the other hand, AVT is used by 1% (n = 3) of professionals and 8% (n = 23) of parents. Although AVT is rarely used, parents using this method reported being fully satisfied (by 98%) with it and stated that they observed language improvement in their child (by 97%) using this therapy. On the other hand, parents who engaged in CF at home were 79% satisfied and the percentage of progress observed by parents using CF was 72%. One explanation for this difference in satisfaction could be that parents using AVT at home chose this method freely, whereas parents using CF at home followed the national recommendations for the language development of the deaf child. In addition, the results of this survey reveal that AVT is introduced in France mainly through social networks and websites, unlike CF, which is implemented in families through professionals.

The co-existence of these two methods raises a fundamental scientific and therapeutic question, i.e., can multisensory and auditory-focused approaches be effective for the development of speech perception of deaf children with cochlear implants. In other words, can children who benefit from these approaches reach spoken language scores comparable to those of their peers with typical hearing? A complementary question is whether these two methods, which differ in the emphasis on the non-auditory modality contribute in a similar way to the improvement of spoken language skills.

The aims of this study are to determine whether both approaches allow the child to have speech perception within the expected range for chronological age and whether they differ in their contribution. The purpose is to better describe the current situation of children with CI in France, as concerns their phonological skills, according to the speech rehabilitation approach adopted by their families. This should lead to a better understanding of the strengths and weaknesses of these two methods and help clinicians to offer families different communication options, depending on the characteristics of the child and the family (Bergeron et al., 2020).

3. Methods

The present study tested the performance of children with cochlear implants with different rehabilitation approaches to a lexicality judgment task, in comparison with a group of children with typical hearing.

The study was approved by the local ethics committee (CERGA, Comité d'Éthique pour les Recherches de Grenoble Alpes-Avis-2022-23). For all participants, written informed consent was obtained from the parents or caregivers and oral consent was obtained from all the children.

3.1. Participants

This study included 124 children (69 girls and 55 boys) aged between 60 and 140 months: 90 monolingual children with typical hearing skills (TH group) and 34 children with cochlear implants (CI group).

3.1.1. Children with cochlear implants

For children with CI (see Table 2.3.1), inclusion criteria were (a) age between 5 and 11 years, (b) profound or severe hearing loss, (c) at least, one cochlear implant (d) native French speaker and (e) no diagnosed additional disorders. Apart from the child's deafness, no additional disorders such as autism spectrum, behavioral disorders, learning disabilities, motor disorders, or intellectual deficits were diagnosed. However, all children were undergoing speech-language therapy, except for 7 children who were no longer in speech therapy. Table 1 shows the demographic characteristics of the 34 deaf children with cochlear implants.

Table 2.3.1. Socio-demographic information of children with cochlear implants – Table 1 de l'article 2.

	Chronological Age (months)	*Class*	*Gender*	*Deafness degree*	*First Implant (months)*	*Unilateral or Bilateral*	*Group*
1	66	CP	M	profound	17	Bilateral	AVT
2	81	CP	M	profound	17	Bilateral	AVT
3	107	CE2	M	profound	48	Bilateral	AVT
4	85	CE1	M	profound	29	Bilateral	AVT
5	69	GSM	F	profound	13	Bilateral	AVT
6	114	CM1	F	profound	22	Bilateral	AVT
7	67	GSM	F	profound	12	Bilateral	AVT
8	76	CP	M	profound	11	Bilateral	AVT
9	85	CP	F	profound	18	Bilateral	AVT
10	110	CE2	M	profound	15	Bilateral	CF+
11	77	GSM	F	profound	12	Bilateral	CF+
12	132	6e	F	profound	18	Bilateral	CF+
13	91	CP	F	profound	22	Bilateral	CF+
14	111	CM1	M	profound	85	Bilateral	CF+
15	86	CP	M	profound	20	Bilateral	CF+
16	100	CE1	M	profound	36	Bilateral	CF-
17	103	CE2	F	profound	55	Bilateral	CF-
18	114	CM1	F	profound	12	Bilateral	CF-
19	139	6e	F	profound	19	Bilateral	CF-
20	74	CP	M	profound	28	Bilateral	CF-
21	96	CM1	M	profound	90	Bilateral	CF-
22	135	CM2	M	profound	18	Bilateral	CF-
23	74	CP	M	profound	11	Bilateral	CF-
24	65	GSM	M	profound	49	Unilateral	CF-
25	72	GSM	F	profound	12	Bilateral	CF-
26	94	CE1	M	profound/severe	60	Bilateral	CF-
27	111	CE2	M	profound	26	Bilateral	CF-
28	64	MSM	F	profound	15	Bilateral	CF-
29	99	CE2	F	profound	22	Bilateral	CF-
30	120	CM1	F	profound	16	Bilateral	CF-

31	77	CP	M	profound	14	Bilateral	CF-
32	86	CE1	M	profound	19	Bilateral	CF-
33	92	CE1	M	profound	19	Bilateral	CF-
34	84	CP	M	profound	23	Unilateral	CF-

GSM = Year 1, age 5 to 6. (Kindergarten) ; CP = Year 2, age 6 to 7 (1st grade) ; CE1 = Year 3, age 7 to 8 (2nd grade) ; CE2 = Year 4, age 8 to 9 (3rd grade) ; CM1 = Year 5, age 9 to 10 (4th grade) ; CM2 = Year 6, age 10 to 11 (5th grade) ; 6e = Year 7, age 11 to 12 (6th grade)

The CI group includes 34 children (14 girls and 20 boys) with profound hearing loss, with cochlear implants (chronological age = 92.82 months, SD = 20.86). Details are shown in Table 2. All of them have been exposed to French since birth and are native French speakers, with no daily exposure to another language. They all lived in France, but in different regions. Thirteen children were exposed to French Sign Language (FSL) at school or at home but their level of FSL was good or average, according to their parents. Only one child was judged to have a very high level of FSL by the parents. This child was removed from our sample to control for multilingualism. The other deaf children (n = 21) had never been exposed to FSL. All parents were typically hearing. Thirty-two children in the sample wore two implants (bilateral implantation) and two children had a single implant (unilateral implantation). The mean age at cochlear implantation for children with CI was 27.11 months (SD = 21.04).

This group was divided into three subgroups: AVT, CF+ and CF-. The first group (AVT) consists of 9 children with cochlear implants who had participated in an AVT program of at least 2 years. The second group (CF+) consists of 6 children with cochlear implants with high CF reading skills. The third group (CF-) consists of 19 deaf children with cochlear implants with low CF reading skills. CF reading proficiency was measured using the TERMO test (Busquet & Descourtieux, 2000; cf. infra).

The mean age at first cochlear implantation was 20.78 months (SD = 11.61) for the AVT group, 28.67 months (SD = 27.82) for the CF+ group and 29.63 months (SD = 22.55) for the CF- group (see Table 2.3.2).

Table 2.3.2. Chronological age and age at implantation in months for the 3 CI groups (minimum-maximum (mean; sd)) – Table 2 de l'article 2.

	N	*Chronological age (months)*	*Age at first CI (months)*
AVT	9	77-132	12-85
		(83.33; 17.09)	*(20.78; 11.61)*
CF+	6	65-139	11-90
		(101.17; 20.21)	*(28.67; 27.82)*
CF-	19	66-114	11- 48
		(94.68; 21.97)	*(29.63; 22.55)*
TH	90	61-131	
		(84;69; 16.08)	

According to the parents, the CI hearing thresholds of all children were in the range from 15 to 30 dB, except for one child whose CI hearing threshold was 40 dB. Unfortunately, we were unable to obtain CI hearing thresholds for three children because the parents did not know them. The mean CI hearing thresholds was 24.5 dB (+/- 4.17) for the AVT group, 22.5 dB (+/- 2.88) for the CF+ group and 25 dB (+/- 6.27) for the CF- group. It should be noted that hearing is classified as normal when the hearing threshold falls within the range of 0 to 20 dB, while a hearing loss is considered as mild when the threshold falls between 20 and 40 dB.

For children exposed to Cued French, we collected information on the frequency of Cued French use (daily/weekly/occasional), the earliness of exposure to cued speech (since birth/since kindergarten/since primary school) and the places where Cued French was used (home/school). Table 2.3.3 provides the number of children in each category.

The parents of children in the AVT group were asked about the age their child had started and finished therapy, and the average program duration was calculated. The average duration of therapy for the children in the AVT group was 39.22 months, with a range of 24 to 61 months. The AVT children were recruited through the association ADEFAV (Association des Familles AVTistes, https://www.adefav.fr/) which promotes language rehabilitation through hearing. The children exposed to cued speech were recruited during the ALPC summer camp (Association Nationale pour la Langue Parlée Complétée, https://alpc.asso.fr/) or through the Grenoble University Hospital.

Table 2.3.3. Information about the frequency of Cued French use, the earliness of exposure to Cued French and the places of Cued French use – Table 3 de l'article 2.

	Frequency of Cued French use			Earliness of exposure to Cued French			Places of Cued French use		
	Daily N = 9	Weekly N = 9	Occasional N = 6	Birth N = 7	Kindergarten N = 12	Primary school N = 5	Home / School N = 14	Home N = 6	School N = 4
CF+	N = 5	N = 1	N = 0	N = 4	N = 1	N = 1	N = 5	N = 1	N = 0
CF -	N = 4	N = 8	N = 6	N = 3	N = 11	N = 4	N = 9	N = 5	N = 4

3.1.2. Children with Typical Hearing (TH) skills

The 90 TH children (55 girls and 35 boys) belonged to the large cohort of typical children in the EULALIES project (Meloni et al., 2017). All TH children had working memory (assessed with the verbal digit span) and morphosyntactic skills (assessed with the ELO sentence production task, cf. infra) within the expected range for their age. The mean chronological age of this group was 84.69 months (SD = 16.08). None of the children were daily exposed to another language than French. All TH children were recruited from schools in the Grenoble area.

3.2. Procedure and experimental tasks

The experiment took place in a quiet room. The child sat at a table in front of a computer screen. A loud speaker connected to the computer was placed in front of the child and the sound level was set at 80 dB for optimal listening conditions. This set-up was used to simulate a listening situation during a typical one-to-one interaction. The child wore a head-mounted microphone (Shure) which was connected to a Zoom H4N Pro digital audio-recorder, to record his/her speech production. The experimenter sat to the child's right, facing the computer screen. On average, the assessment procedure took 45 minutes to complete. For children with typical hearing skills, a pure-tone audiometric screening was conducted to eliminate a possible hearing disorder (perception at 20 dB on the frequencies 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz and 8000 Hz).

The experiment began with a digit span task from the ODEDYS battery (Outil de DEpistage des DYSlexies, Pouget, 2002). The aim of this task was to assess short term verbal working memory.

Then, the child performed three speech production and perception tasks from the EULALIES battery (Meloni & al. 2019): picture naming, lexicality judgment and nonword repetition. This battery enables to collect data on speech production and perception in typically- and atypically-developing children and to provide standardized data on speech sound development in French. The picture-naming task assesses the accuracy of spontaneous phoneme production in isolated familiar word context. It allows the analysis of phonological production skills, using all the phonemes of French. The lexicality judgment task is designed to analyse the child's perceptual judgment. The nonword repetition task consists in asking the child to repeat unknown items presented audio-visually (sound + lip gestures).

In this paper, we focus on the lexicality judgment task from the EULALIES battery, which assesses phonological perception. In this task, the child sees a picture corresponding to a familiar item and then watches a video of a speaker naming the item (sound + face of the speaker). The child has to judge whether the French word is correctly pronounced or whether there is a phonological alteration in the word (e.g. indicating whether [pomat] corresponds to the picture of a tomato, [tomat] in French). All items are illustrated by a picture and are the same frequent items as in the picture naming task, which is performed just before the lexicality judgement task. This is meant to avoid a bias in vocabulary knowledge. The task consists of 90 items: 45 non-phonologically altered items and 45 items with phonological alteration. The alterations are present at the level of word structure (metathesis, cluster simplification, syllable deletion, segment deletion, segment inversion) or at the segmental level (phoneme substitutions). The alterations occur on the initial, medial or final position of the word and the number of syllables per item varies from 1 to 4 syllables. The stimuli in this task were carefully designed to contain phonological alternations that are often observed in speech sound disorders and which may reflect phonological awareness deficits (Meloni, 2022). Table 2.3.4 describes the word used and each alteration. Five lists were designed in which the items were presented in a different and random order to limit possible biases related to a succession of alterations.

Table 2.3.4. Summary of the stimuli used in the lexicality judgment task – Table 4 de l'article 2.

	Correct stimuli	Incorrect stimuli	Translation	Alteration on the segment or structure	Type of alteration	Number of features substituted	Position of alteration	Number of syllables
1	Gare [gaʁ]	[gaʃ]	Station	Segment: consonant	Substitution: place (fronting) and devoicing	2	Final	1
2	Tigre [tigʁ]	[ti]	Tiger	Structure	Cluster deletion		Final	1
3	Zèbre [zɛbʁ]	[zɛʁb]	Zebra	Structure	Metathesis		Final	1
4	Enveloppe [ɑ̃vlɔp]	[ɑ̃vlɔt]	Envelope	Segment: consonant	Substitution: place (backing)	1	Final	2
5	Locomotive [lokomotiv]	[jokomotiv]	Locomotive	Segment: consonant	Substitution: place (backing), manner (gliding)	2	Initial	4
6	Fourchette [fuʁʃɛt]	[fyʁʃɛt]	Fork	Segment: vowel	Substitution: place	1	Medial	2
7	Déguisement [degizmɑ̃]	[tegizmɑ̃]	Fancy dress	Segment: consonant	Substitution: devoicing	1	Initial	3
8	Farine [faʁin]	[baʁin]	Flour	Segment: consonant	Substitution: manner (stopping), place (fronting) and voicing	3	Initial	2
9	Neige [nɛʒ]	[nɛʃ]	Snow	Segment: consonant	Substitution: devoicing	1	Final	1

10	Docteur [dɔktœʁ]	[sɔktœʁ]	Doctor	Segment: consonant	Substitution: manner (frication) and devoicing	2	Initial	2
11	Griffe [gʁif]	[gʁiz]	Claw	Segment: consonant	Substitution: place (backing) and voicing	2	Final	1
12	Camion [kamjɔ̃]	[kanjɔ̃]	Truck/lorry	Segment: consonant	Substitution: place (backing)	1	Medial	2
13	Hippopotame [ipopotam]	[ipopopam]	Hippopotamus	Segment: consonant	Substitution: place harmonization (backing)	1	Medial	4
14	Ciseaux [sizo]	[sezo]	Scissors	Segment: vowel	Substitution: aperture	1	Medial	2
15	Aquarium [akwaʁjɔm]	[akwajɔm]	Aquarium	Structure	Phoneme deletion		Medial	3
16	Avion [avjɔ̃]	[apjɔ̃]	Airplane	Segment: consonant	Substitution: manner (stopping), place (fronting) and devoicing	3	Medial	2
17	Main [mɛ̃]	[mɛ]	Hand	Segment: vowel	Substitution: denasalization	1	Final	1
18	Couverture [kuvɛʁtyʁ]	[kuvɛʁtyk]	Blanket	Segment: consonant	Substitution: place (fronting), manner (stopping) and devoicing	3	Final	3
19	Livre [livʁ]	[liʁv]	Book	Structure	Metathesis		Final	1
20	Citron [sitʁɔ̃]	[sitʁɑ̃]	Lemon	Segment: vowel	Substitution: aperture	1	Final	2
21	Cinéma [sinema]	[tinema]	Cinema	Segment: consonant	Substitution: manner (stopping)	1	Initial	3
22	Bonhomme [bonɔm]	[bojɔm]	Man	Segment: consonant	Substitution: manner (gliding), place (backing) and denasalization	3	Medial	2
23	Telephone [telefɔn]	[telefɔv]	Phone	Segment: consonant	Substitution: place (fronting), denasalization and manner (frication)	3	Final	3
24	Poisson [pwasɔ̃]	[pwaʃɔ̃]	Fish	Segment: consonant	Substitution: place (backing)	1	Medial	2
25	Toboggan [tobogɑ̃]	[togobɑ̃]	Slide	Structure	Metathesis		Medial	3
26	Grenouille [gʁənuj]	[ʁənuj]	Frog	Structure	Phoneme deletion (cluster simplification)		Initial	2
27	Biberon [bibʁɔ̃]	[blibʁɔ̃]	Baby bottle	Structure	Phoneme insertion (cluster insertion)		Initial	2
28	Pieuvre [pjœvʁ]	[pjœʁv]	Octopus	Structure	Metathesis		Final	1
29	Chaussette [ʃosɛt]	[sosɛt]	Sock	Segment: consonant	Substitution: place harmonization (fronting)	1	Initial	2
30	Capuche [kapyʃ]	[kapys]	Hood	Segment: consonant	Substitution: place (fronting)	1	Final	2
31	Loup [lu]	[lɔ̃]	Wolf	Segment: vowel	Substitution: aperture and nasalization	2	Final	1
32	Chocolat [ʃokola]	[ʃokʁola]	Chocolate	Structure	Phoneme insertion (cluster insertion)		Medial	3
33	Voiture [vwatyʁ]	[tyʁ]	Car	Structure	Syllable deletion		Initial	2
34	Tomate [tomat]	[pomat]	Tomato	Segment: consonant	Substitution: place (fronting)	1	Initial	2
35	Menton [mɑ̃tɔ̃]	[mɔ̃tɔ̃]	Chin	Segment: consonant	Substitution: aperture harmonization	1	Medial	2

36	Éléphant [elefɑ̃]	[lefɑ̃]	Elephant	Structure	Syllable deletion		Initial	3
37	Crocodile [kʁokʁodil]	[kʁokʁodil]	Crocodile	Structure	Phoneme insertion (cluster harmonization)		Medial	3
38	Dentiste [dɑ̃tist]	[dɔ̃tist]	Dentist	Segment: vowel	Substitution: aperture	1	Medial	2
39	Œuf [œf]	[ɔf]	Egg	Segment: vowel	Substitution: place	1	Initial	1
40	Medicament [medikamɑ̃]	[dikamɑ̃]	Medication	Structure	Syllable deletion		Initial	4
41	Aspirateur [aspiʁatœʁ]	[ɔspiʁatœʁ]	Vacuum cleaner	Segment: vowel	Substitution: aperture and place	2	Initial	4
42	Uniforme [ynifɔʁm]	[ynifɔʁp]	Uniform	Segment: consonant	Substitution: denasalization and devoicing	2	Final	3
43	Hibou [ibu]	[ibo]	Owl	Segment: vowel	Substitution: aperture	1	Final	2
44	Bibliothèque [biblijotɛk]	[bliblijotɛk]	Library	Structure	Phoneme insertion (cluster harmonization)		Initial	4
45	Escargot [ɛskaʁgo]	[ɛksaʁgo]	Snail	Structure	Metathesis		Medial	3

At the end of these tasks, the morphosyntactic level was assessed using the sentence production task from the ELO battery (Khomsi, 2008). It is part of a battery designed to describe and assess children's oral language in reception and production, and to identify language disorders. To complete this task, children have to produce morphosyntactic features, by completing 25 sentences.

For children exposed to Cued French (CF), the level of CF reading skills was assessed using the *"Test d'évaluation de la réception du message oral par l'enfant sourd"* (TERMO, Evaluation test for the reception of the oral message by the deaf child; Busquet & Descourtieux, 2000). It consists in presenting children with words and sentences in visual form alone (lip gestures + manual cues) without sound. The child is asked to repeat the items vocally. We assessed only lexical accuracy (the phonological aspect of their production was not assessed). Two levels of CF were determined: low CF reading skills (CF-) and high CF reading skills (CF+). Children in the CF- group could at most understand a few familiar words at normal speech rate (levels 3 and 4 of the TERMO scale). Children in the CF+ group could comprehend familiar words and sentences at normal speech rate (levels 1 and 2 of the TERMO scale).

Finally, the parents were asked to complete a questionnaire, in order to collect socio-demographic information about each child. Parents were asked to provide information about their occupation, the child's school level, information about their child's hearing impairment (degree of deafness, age of screening, hearing threshold, type of hearing aid, date of hearing aid fitting, frequency of use of the hearing aid). Information on the mode of communication used with the child (AVT, cued speech, LSF or other) and languages spoken at home was collected. Additional questions provided more detail on the frequency of use (daily/weekly/occasional), earliness of use (since birth/since kindergarten/since primary school), and place of use (home/school/speech therapist) of the different modes of communication.

3.3. Data processing and statistical analyses

All graphs and statistical analyses were completed using the R software (R Development Core Team, 2006).

3.3.1. Working memory and morphosyntax skills

The ODEDYS digit task (Jacquier-Roux et al., 2002) was used to measure working memory skills. To compare the working memory skills of our participants, we converted the scores of the participants in the task into a standard score (Z score) computed relative to a group of typical hearing children. This allows to correct for chronological age in the analyses. Regarding the morphosyntax skills, we used the morphosyntax production subtask of the ELO battery (Khomsi, 2001). We also used a standard score (Z score).

3.3.2. Lexicality judgment task

For the lexicality judgment task, the correct acceptation score (coded 1 when the child had correctly identified that the phonological form of the word was correct, and 0 when s/he indicated that the phonological form of the word was incorrect) and the correct rejection score (coded 1 when the child correctly identified that the phonological form of the word was incorrect, and 0 when s/he didn't correctly identify that the phonological form of the word was incorrect) were converted to *d'* scores, derived from signal detection theory. The *d'* score is a method that calculates the perceptual discrimination sensitivity, independently of the decision strategy in discrimination or categorization tasks (Macmillan & Creelman, 2004). These analyses are based on Hits (i.e., correct acceptation), False Alarms (i.e., errors on acceptation), Correct Rejection and Miss (i.e., errors on rejection). This score was calculated using the *dprime* function of the R software (R Development Core Team, 2006). The research question aims to analyze the relationship between the individual *d'* scores (participant's perceptual discrimination sensitivity) and the chronological age in different groups of children with cochlear implants (CI) compared with typically-hearing peers. Specifically, we are comparing the performance of a group of children with typical hearing (TH) with that of three groups of children with CI (i.e. AVT, CF+, CF-). For that purpose, we first assessed the relationship between the individual *d'* score and the chronological age (in months) of the TH participants. The relationship shows an increase with age, which is in agreement with other studies that have shown that speech perception skills improve with chronological age (see e.g. Blakey et al., 2001). Since this relationship is not linear (*d'* values increase faster with chronological age at the beginning of the observation domain than at the end, and tends towards an asymptote), we computed an exponential type model with an asymptote using the *nls* function of the R software. We then constructed a 95% prediction interval for the estimated curve. This allowed us to situate the participants in the CI groups in relation to this interval and thus to know what proportion of these participants were outside or inside the TH prediction interval. To do this, we used the *predFit* function from the *investr* package of the R software. In addition, for each CI groups (i.e., AVT, CF+, CF-), we performed a proportion compliance test to assess whether the proportion of participants outside the TH prediction interval was significantly different from 5% (the expected proportion in the TH group). For this purpose, we used the *binom.test* function of the R software. Finally, for the children from the CF+, CF-, and AVT groups who were outside of the TH prediction interval, we calculated the difference between their *d'* scores and the lower boundary of the prediction interval at their age. We then averaged these differences for each group.

This correct-incorrect task is subject to response bias. In order to quantify this bias, the β score (also calculated from the *dprime* function of the R software) measures the participant's strategy for performing the speech perception task (Macmillan and Creelman, 2004). Thus, it calculates how biased the participant is in the lexicality judgment task. A β score of 1 indicates that the participant's behaviour is unbiased. When the β score is between 0 and 1, it means that the behaviour is liberal. Finally, a score of 1 to infinity on the β indicates that the

behaviour is conservative/cautious. The methodology used for the analysis of the β score is similar to that described above, with one exception. Indeed, the evolution between the individual β score and the chronological age (in months) appears to be linear, or even constant over the entire observation domain. We then chose to model this relationship with a linear regression using the *lm* function of the R software.

3.3.3. Type of phonological alterations

To analyze the speech perception performance on specific types of phonological alterations, we classified each alteration into seven categories:

- Consonant substitution (when a consonant is replaced by another consonant)
- Harmonization (when a phoneme or a group of phoneme becomes similar to the neighboring phoneme)
- Metathesis (when two phonemes are inverted)
- Phoneme deletion (when a phoneme is deleted)
- Phoneme insertion (when a phoneme is added)
- Syllable deletion (when a syllable is deleted)
- Vowel substitution (when a vowel is replaced by another vowel)

The analysis conducted enabled us to determine whether children with cochlear implants (CI) in the three groups had difficulties with a particular type of phonological alteration, based on the speech rehabilitation approach used. Indeed, we expected differences between AVT and CF+ children regarding to the types of phonological alterations. Additionally, we expected to be able to identify certain types of phonological alterations that are challenging for CI children to perceive. By identifying the most difficult types of phonological alterations for CI children, clinicians can design specific interventions to enhance speech perception.

To determine if there were significant differences between the four groups regarding the types of alteration, we used a linear model and pairwise comparisons with the *emmeans* function in R software.

3.3.4. Variables that influence Cued French reading skills

The two groups of CF children in this study are differentiated with their Cued French reading skills (cf. section 3.2.). However, other factors might have explained their Cued French reading skills, such as language skills or verbal working memory. In order to assess the variables that explained the children's cue reading skills, two types of statistical analyses were run. They tested whether the variables "frequency of Cued French use" (daily/weekly/occasional), "earliness of exposure to Cued French" (since birth/since kindergarten/since primary school), "place of Cued French use" (home/school/speech therapist), "morphosyntactic skills" and "verbal working memory skills" have an impact on whether a child belongs to the CF+ or CF- group.

In the first method, we performed a logistic regression. In the initial model, we integrated all the five variables. Then, we used the Akaike Information Criterion (AIC) to remove variables that did not provide additional information, given the presence of the others, on the probability of belonging to the CF+ or CF- group. The AIC is a measure of the relative quality of a statistical model for a given set of data. It is based on the likelihood function, which quantifies the goodness of fit of a model to the data, and takes into account the complexity of the model. For this we used the *glm* function and the *step* function of the R software.

Random forest analysis (Breiman, 2001) was used in the second method. Random forests are a type of ensemble learning method that can be used for classification and regression tasks. For this, we used the *randomForest* function and the *varImPlot* function of the *randomForest* package of the R software. The *varImPlot* function is used to rank the most influential variables for the correct assignment of participants to the CF+ and CF- group. Random permutations are made for each variable and the extent to which this changes the outcome of the predictions is examined. The more influential a variable is, the greater the impact of permutations on the results.

4. Results

4.1. Working memory

Verbal working memory was analysed using the standardised score (Z score) of the ODEDYS digit verbal span task.

The normality assumption was checked by using the Shapiro-Wilk test. Results showed that the distribution of the data was significantly different from the normal distribution. In this context, we used the non-parametric Wilcoxon rank sum test to compare two independent sample groups. The Wilcoxon test showed no significant difference ($p > 0.05$) between the 4 groups. Results indicated that the working memory (measured by the verbal digit span task) did not differ between groups (see Figure 2.3.1).

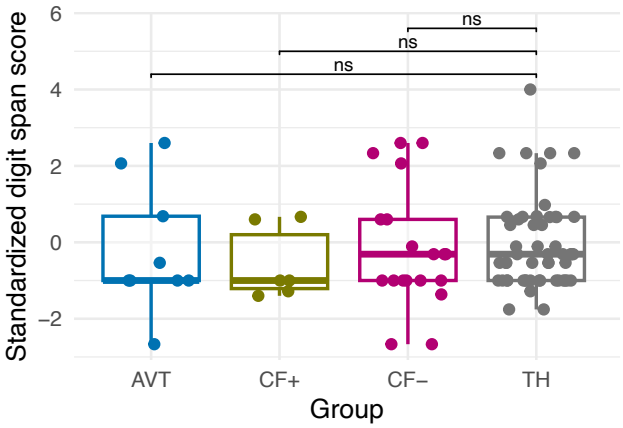


Figure 2.3.1. Verbal working memory Z score (standardized digit span score) according for the four group (i.e. AVT, CF+, CF- and TH) – Figure 1 de l'article 2.

4.2.Morphosyntax skills

Firstly, we checked the normality of the data. The Shapiro test showed that the data followed a normal distribution. However, the Levene test, being significant, showed that the homogeneity of variances was not verified. Secondly, we performed a Welch's t-test, adapted for samples with unequal variances. The results showed no differences between the four groups ($p > .05$) (see Figure 2.3.2).

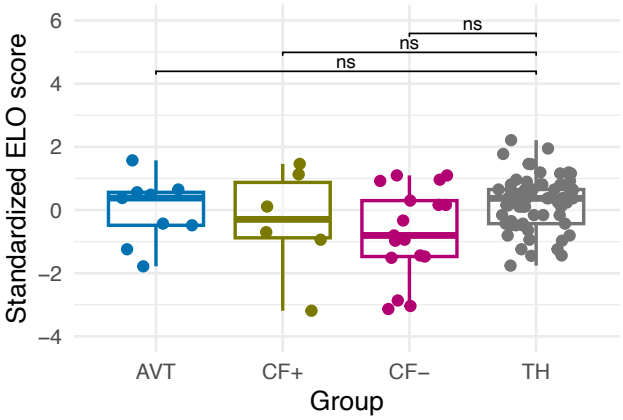


Figure 2.3.2. Morphosyntax Z score (standardized ELO score) for the four groups (AVT, CF+, CF- and TH) – Figure 2 de l'article 2.

4.3. Age at cochlear implantation

To analyse whether or not participants in the CI groups differ in age at cochlear implantation, we also used the non-parametric Wilcoxon rank sum test because the normality of the distribution was not verified. The results show no differences between the AVT group, the CF+ group and the CF- group. This means that the three groups of children have equivalent age at cochlear implantation (see Figure 2.3.3).

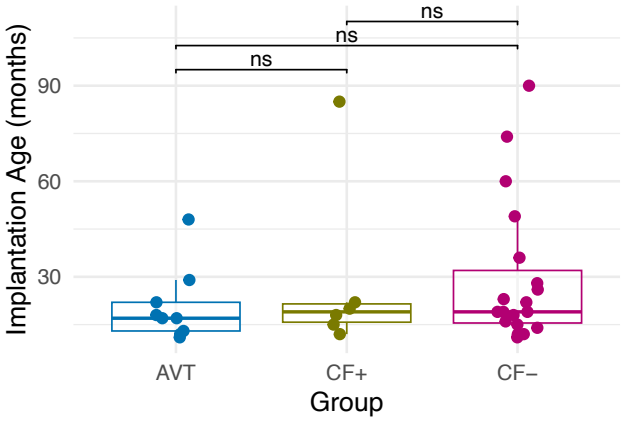


Figure 2.3.3. Implantation age in months in each of the CI groups: AVT, CF+, CF- – Figure 3 de l'article 2.

FIGURE 3 | Implantation age in months in each of the CI groups: AVT, CF+, CF-.

4.4. Lexicality judgement

To analyse the performance of the children in the CI groups on the lexicality judgement task compared to TH children, perceptual discrimination sensitivity was first examined. The *d'* score for each participant was computed and plotted as a function of chronological age. As presented in Figure 4, in TH children, the increase in *d'* score as a function of chronological age can be modelled using an exponential model with an asymptote (solid line). A linear regression analysis was used to test if age at cochlear implantation significantly predicted the *d'* score in the children with CI. The regression was not statistically significant ($p > .05$). This

suggest that the age of cochlear implantation does not significantly influence the results and will not be considered in the following statistical analyses.

In order to assess whether the sensitivity of the children with CI in the three groups were similar to that of the children in the TH group, we plotted the 95% prediction interval for the *d'* scores of the children in the TH group (Figure 2.3.4, dotted lines). We then examined whether the *d'* scores of the children with CI belonged to this interval or how much below the interval their score were. Table 2.3.5 provides the proportion of participants outside the TH 95% prediction interval (i.e. children whose *d'* value is below the lower bound of the interval), for the three CI groups. Table 2.3.5 also gives the mean distance between the *d'* score of each child (whose score lies below the TH prediction interval) and the lower boundary score, for the three CI groups (i.e., AVT, CF+ and CF-).

The proportion compliance test reveals that the proportion of participants in the CF- group below the prediction interval is significantly different from 5%, i.e. from the expected proportion in the TH group ($p < 0.001$). The same result is found for the CF+ group ($p = 0.033$). The participants in the AVT group also tend to have scores that differ from those of children with TH ($p=0.07$). In sum, there is a significant probability for children with CI to have a lower *d'* score than a TH participant of the same age in the observation domain (60-140 months).
However, the distance analysis reveals that the distance to the TH group differs for the three groups of children with CI. For participants with CI outside the 95% prediction interval of the TH group, the average distance between the lower bound of this interval and the *d'* value is greatest for CF- participants (0.75), followed by CF+ participants (0.25), and AVT participants (0.14) (see Table 2.3.5).

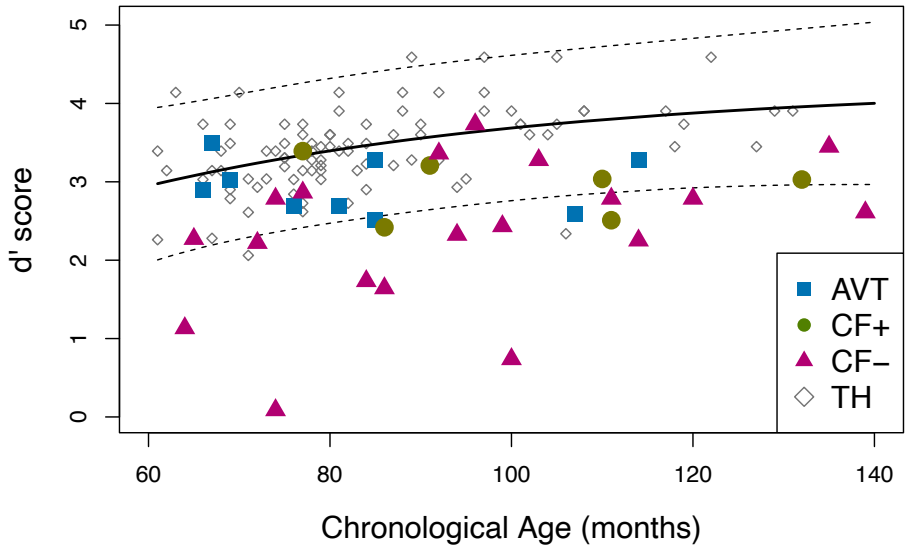


Figure 2.3.4. Individual d' score for each child, 95% prediction interval based on the TH group (dotted line) – Figure 4 de l'article 2.

Table 2.3.5. Number of children outside the TH 95% prediction interval and distance from the TH prediction interval for each group – Table 5 de l'article 2.

	AVT group	CF+ group	CF- group
Number of children outside the 95% TH prediction interval (n/N) of the *d'*score	2/9	2/6	12/19
Mean distance from the prediction interval	0.14	0.25	0.75

Secondly, we examined the perceptual bias, by computing β score and by running the same analysis as for the *d'*. None of the children with CI were outside the 95% prediction interval of the TH. The range of the prediction interval is very large because of the large variability of beta values for TH participants. This suggests that, at any given chronological age, the groups of CI children do not significantly differ from their TH pairs in terms of β values (see Figure 2.3.5).

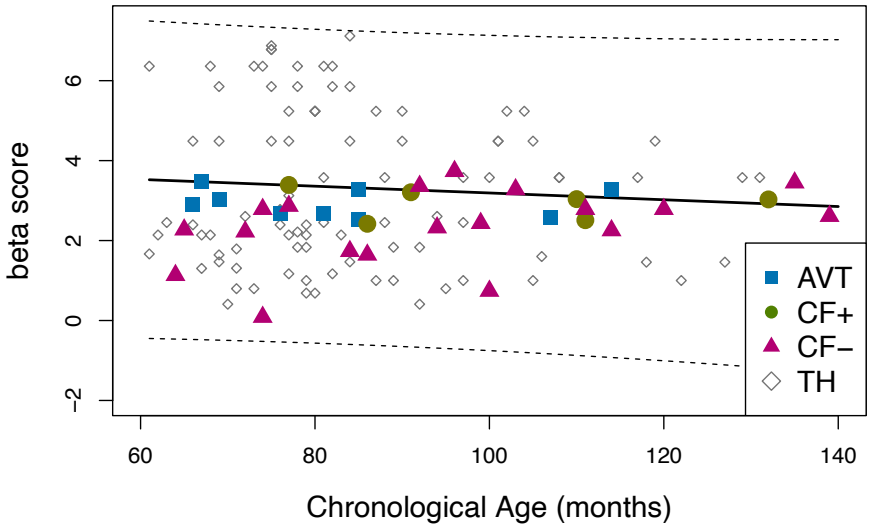


Figure 2.3.5. Individual β score for each child, 95% prediction interval based on the TH group (dotted line) – Figure 5 de l'article 2.

4.5. Type of phonological alteration

The pairwise comparison analysis of correct rejection performance for each type of phonological alteration and each group showed that the CF- group had significantly lower performance in comparison with the TH group ($p < .001$), except for syllable deletion and phoneme insertion, for which there were no differences between groups. The CF- group also had significantly lower scores than the CF+ and AVT groups for consonant substitution and vowel substitution. The scores of the CF+ and AVT groups are not different from those of the TH group, except for a marginal difference between AVT and TH on harmonization ($p=.09$). The figure 2.3.6 illustrates the percentage of correct rejections for each type of phonological alterations across the four groups.

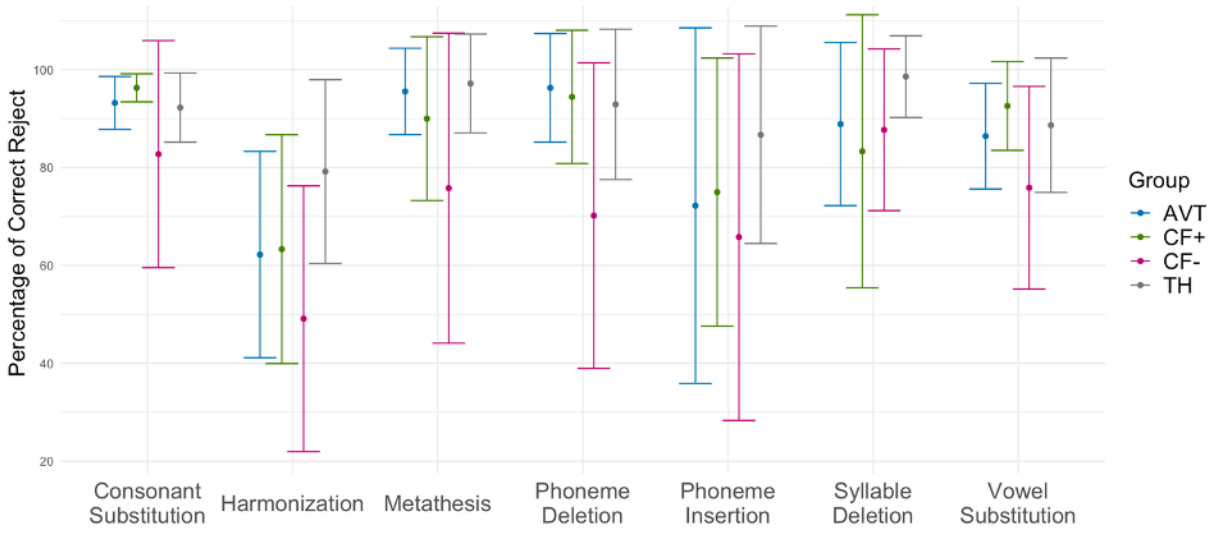


Figure 2.3.6. Percentage of correct rejections for each type of phonological alterations across the four groups (CF+, CF-, AVT and TH) – Figure 6 de l'article 2.

4.6.Variables that influence Cued French reading skills

We used the AIC information criterion to select the variables that provide information on the probability of belonging to the CF+ or CF- group for the linear regression. The results show that the variables "morphosyntax score" and "verbal working memory score" do not provide any additional information when the other three variables ("frequency of Cued French use", "earliness of Cued French exposure" and "place of Cued French use") are taken into consideration. The presence of the other three variables has an impact on the probability of belonging to the CF+ or CF- group, and the morphosyntax score and verbal working memory score do not provide any additional information in this regard.

The random forest method shows that the most influential variables for the correct assignment of participants to the CF+ and CF- groups are in order: "frequency of Cued French use" – "earliness of Cued French exposure" – "place of Cued French use" – "verbal working memory score" – "morphosyntax score". Figure 2.3.7 shows the influence of the five variables on the binary variable "CF+" or "CF-". The figure shows the "mean decrease accuracy" value for each variable. This measure indicates the importance of each variable in the model. A high "mean decrease accuracy" value for a given variable suggests that the variable is important for the model, as the model relies heavily on it to make accurate predictions. On the other hand, if the "mean decrease accuracy" value is low, it indicates that the variable is less important for the model.

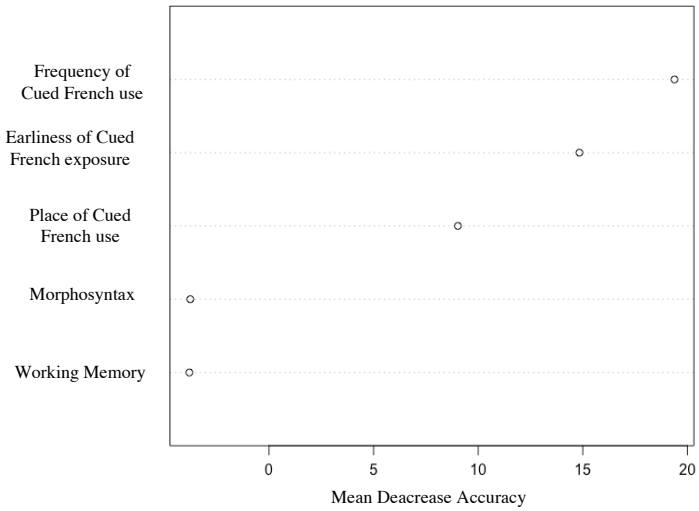


Figure 2.3.7. Variable importance plot of the random forest of all variables on Cued French reading skills – Figure 7 de l'article 2.

These results confirm that the distinction between the children in the CF+ and CF- group is indeed explained by their exposure to Cued French, rather than by language skills of verbal working memory.

5. Discussion

This study was designed to assess the speech perception skills of deaf children who had CI compared to TH children, according to the language rehabilitation approach used (AVT or CF) and to CF reading skills in those using CF (CF+ and CF-). The performance of three groups of children with CI (AVT, CF+, CF-) to a lexicality judgment task was therefore compared with that of children with typical hearing (TH). Results show that the children with CI from the CF- and CF+ have significantly lower performance than children with TH (resp. $p < .001$ and $p = .033$), and that AVT children also tend to have lower scores than TH children ($p = .07$). More precisely, the scores of children with lower CF reading skills (CF-) are considerably more distant from those of children with TH (distance to lower bound of TH confidence interval = 0.75) than the scores of children with high CF reading skills (CF+, distance = 0.25). The children from the AVT group are closer to the TH children (distance = 0.14) than the other two CI groups.

These results reveal several important points. First, children with cochlear implants who do not consistently use a communication tool have significantly weaker lexicality judgment skills than their peers: the scores of the CF- children are three times more distant from those of TH children than those of the AVT or CF+ children. The lexicality judgment task consisted in detecting phonological distortions in a familiar word, and CF- children seemed to be much less confident about what they can identify as a correct vs. incorrect production. This shows that the cochlear implant alone is not sufficient to develop adequate speech perception skills and that it is important to implement speech and language rehabilitation adapted to the child and the family.

Moreover, children with CI and high cue reading skills have improved speech perception performance compared to their peers with low cue reading skills. Indeed, the analysis shows that cued speech exposure enhances phonological awareness and speech perception even when manual gestures are absent (the stimuli in this study were audiovisual clips, without any cued speech gestures). The scientific literature has amply shown that cued speech reading

skills allows for better speech perception when speech is presented with cued speech gestures (Alegria et al., 1999; Nicholls and Ling, 1982; Périer et al., 1990). However, a few studies have suggested that the benefits of cued speech reading skills extend to the perception of speech without any manual gestures, i.e. in visual only, audio-visual, or audio only modality (Kos et al., 2009; LaSasso et al., 2010). This study provides additional knowledge about speech perception without cued speech gestures, because despite the absence of manual cues, CF+ children were able to have adequate speech perception. Manual information from cued speech seems to allow for better encoding of phonological information, which ultimately results in better audiovisual speech processing.

We also found that the intensity of Cued French exposure plays a major role in Cued French reading skills and therefore in speech perception. Indeed, the explanatory variable that most impacts the probability of belonging to the CF+ or CF- group is the frequency of Cued French use. It is important for children to be exposed to Cued French in an intensive and daily way in order to develop adequate Cued French reading skills and improve their speech perception skills. Weekly or occasional exposure is not enough for children to fully benefit from Cued French. Place of use and earliness of exposure are also important factors that can influence Cued French reading skills. Consistent and daily exposure to Cued French at home and at school, starting from birth, can help children to develop better speech perception skills. These data are consistent with previous scientific studies on cued speech (Charlier and Leybaert, 2000; Leybaert and LaSasso, 2010; Périer et al., 1990).

Another finding in this study is that an auditory-focused method, such as AVT, that emphasizes auditory skills, can be effective in children with cochlear implants for the development of age-appropriate speech perception skills. These results are in agreement with some studies on the contribution of AVT to speech perception (Binos et al., 2021; Dettman et al., 2011; Percy-Smith, Tønning, et al., 2018). These findings raise a significant question for both the scientific and therapeutic fields. Indeed, it has been shown in a number of studies that speech perception is a multisensory process involving both visual and auditory information. Visual cues significantly improve speech perception, both when the auditory speech is degraded (Sumby & Pollack, 1954) and when the auditory speech is clear (Reisberg et al., 1987). Our results show that, although dissimilar to this multisensory view of the speech perception process, a method that reinforces auditory skills specifically allows deaf children with CI to achieve age-appropriate speech perception performance.

Lastly, the analyses of the β score (which measures the bias of the participants) show that all of the participants in the study were biased towards being more conservative in their responses, and that this bias is present in both children with CI and TH children. This means that the children were more likely to accept an incorrectly pronounced item than to reject a correctly pronounced item, even though the items in the task were high-frequency words and had been presented in a previous picture naming task. Inhibition skills, which involve the ability to control and suppress inadequate behaviors or responses, could be an important part of the process of rejecting an incorrect item. An alternative interpretation is that children are used to receiving accurate linguistic input from adults and may therefore be more accepting of slightly incorrect word pronunciations. It is interesting to note that all children in the four groups appeared to use the same strategy and were equally biased in their responses.

Regarding clinical applications, one of the important outcomes of our study is to emphasize the fact that cochlear implantation alone is not sufficient to develop adequate speech perception, as the scores of the CF- group are consistently below those of children with TH and below the scores of the children with high CF proficiency or of those who enrolled in AVT. The second outcome is that Cued French improves speech perception when used

intensively and from the early years, since the children in the CF+ group, i.e. children with the highest Cued French proficiency, are precisely those who have benefited from early and intensive exposure. In addition, our results show that AVT also improves perception and may be considered an appropriate option for children with CI. One conclusion that can be drawn from our results is that parental involvement in their child's rehabilitation is crucial to their speech development, since the two methods we describe rely heavily on the parents' implication. In order to promote this involvement, the clinician should establish a trusting relationship with the parent and provide support, regardless of the language rehabilitation approach chosen. Another observation concerns education. Our results provide information that may help teachers to better understand the challenges of deafness and language acquisition. Furthermore, our findings on the benefit of the frequency of exposure suggest that if parents use Cued French at home, it should also be implemented at school to increase exposure.

The main limitation of this study is the challenge in recruiting participants. Indeed, the sample size in the CI group is small, which reduces the number of children in each subgroup. Moreover, the group of children with CI is inevitably heterogeneous in many aspects such as age at diagnosis, age at intervention and etiology.

There are other uncontrolled factors that may have played a role in speech outcomes for these children. Indeed, even if the age of cochlear implantation did not significantly impact the *d'* score and there was no difference between our groups regarding the age of CI, deaf children still had different mean ages at first CI: children in the AVT group were, on average, 8 months younger than children in the CF+ group and 9 months younger than children in the CF- group when they received their first cochlear implant. Numerous studies have shown that early cochlear implantation, during the critical period of brain neuroplasticity, leads to better speech perception skills (Kral et al. 2016). The variability in age of implantation among children can be explained by the first two principles of AVT, which emphasize the importance of early intervention and the use of advanced hearing aids. The first principle of AVT prioritizes immediate audiologic management for children, while the second principle ensures that children receive appropriate technology to maximize the benefits of auditory stimulation. These factors could specifically lead parents of early-implanted children to choose AVT. In addition, the duration of CI use and whether the implant is bilateral or unilateral are also important factors to consider in our conclusions. Moreover, parental socio-economic status and parental involvement are variables that could influence the results. It has been shown that parental involvement is a key variable in the speech and language development of the deaf child. In order to more accurately assess the impact of different language rehabilitation approach on speech perception in children with cochlear implants, further exhaustive studies, with larger sample sizes, are needed. These studies should take into account all of the factors that can influence a child's speech outcomes. These future studies will facilitate discussions about the benefits of various communication approaches and help families make that important decision about which communication method to use with their deaf child.

Finally, one limitation of this study is that the task took place in a quiet room, where listening conditions were at their best. This may not accurately represent the listening conditions that children face in real-conditions classrooms, where there is often background noise and other distractions. This means that the results of the study may not be fully applicable to children's everyday listening experiences. It would be interesting to conduct further research to evaluate the effects of cued speech and AVT in a more realistic listening environment, such as a typical classroom and noisy environment, to better understand to what extent they can help children improve their speech perception.

6. Conclusion

In conclusion, the results of this study show that a multisensory or an auditory-focused speech rehabilitation approach can improve the speech perception performance of deaf children with CI. Indeed, the children enrolled in an AVT program and the children with a high level of cue reading (CF+) have significantly better performance than children who do not consistently use a communication mode (CF-), and their scores are almost similar to those of TH children. Both approaches can be used by parents and professionals to help children develop adequate perceptual skills. Finally, our results confirm that cochlear implantation alone is not sufficient for a child to develop adequate speech perception skills. It is important for carers of children with cochlear implants, such as parents, speech and language therapists, and audiologists, to understand the limitations of speech perception through the cochlear implant and to seek additional support through a specific speech rehabilitation approach, particularly during the early years. It is crucial to provide parents with all available communication options as early as possible.

7. Acknowledgments

Special thanks to all the children and caregivers who have participated in this study. We would also like to thank the ALPC association, the ADEFAV association and the Grenoble Hospital for their help in recruiting participants with CI. We would also like to express our special thanks to Patrick Van Bogaert for proofreading of the manuscript.

8. References

Alegria, J., Charlier, B. L., and Mattys, S. (1999). The role of lip-reading and cued speech in the processing of phonological information in french-educated deaf children. Eur. J. Cogn. Psychol. 11, 451–472. doi: 10.1080/095414499382255

Aparicio, M., Peigneux, P., Charlier, B., Neyrat, C., and Leybaert, J. (2012). Early experience of Cued Speech enhances speechreading performance in deaf. Scand. J. Psychol. 53, 41–46. doi: 10.1111/j.1467-9450.2011.00919.x

Bergeron, F., Berland, A., Demers, D., and Gobeil, S. (2020). Contemporary speech and oral language care for deaf and hard-of-hearing children using hearing devices. J. Clin. Med. 9:378. doi: 10.3390/jcm9020378

Bernstein, L. E., Tucker, P. E., and Demorest, M. E. (2000). Speech perception without hearing. Percept. Psychophys. 62, 233–252. doi: 10.3758/BF03205546

Binos, P., Nirgianaki, E., and Psillas, G. (2021). How effective is auditory-verbal therapy (AVT) for building language development of children with cochlear implants? A systematic review. Life (Basel) 11:239. doi: 10.3390/life11030239

Boons, T., Brokx, J. P. L., Dhooge, I., Frijns, J. H. M., Peeraer, L., Vermeulen, A., et al. (2012). Predictors of spoken language development following pediatric cochlear implantation. Ear. Hear. 33, 617–639. doi: 10.1097/AUD.0b013e3182503e47

Bouton, S., Bertoncini, J., Serniclaes, W., and Colé, P. (2011). Reading and reading-related skills in children using cochlear implants: Prospects for the influence of cued speech. J. Deaf Stud. Deaf Educ. 16, 458–473. doi: 10.1093/deafed/enr014

Bouton, S., Colé, P., Serniclaes, W., Duncan, L. G., and Giraud, A.-L. (2015). Atypical phonological processing impairs written word recognition in children with cochlear implants. Lang. Cogn. Neurosci. 30, 684–699. doi: 10.1080/23273798.2014.1002796

Bouton, S., Serniclaes, W., Colé, P., and Bertoncini, J. (2012). Categorical perception of speech sounds in French-speaking children with cochlear implant. J. Speech Lang. Hear. Res. 55, 139–153. doi: 10.1044/1092-4388(2011/10-0330)

Breiman, L. (2001). Random forests. Mach. Learn. 45, 5–32. doi: 10.1023/A:1010933404324

Bubbico, L., Di Castelbianco, F. B., Tangucci, M., and Salvinelli, F. (2007). Early hearing detection and intervention in children with prelingual deafness, effects on language development. Minerva Pediatr. 59, 307–313.

Busquet, D., and Descourtieux, C. (2000). TERMO Test d'évaluation de la réception du message oral par l'enfant sourd. Unithèque. Available online at: https://www.unitheque.com/termo-test-evaluation-reception-message-oral-par-enfant-sourd/ortho/Livre/4074 (accessed February 7, 2020).

Charlier, B., and Leybaert, J. (2000). The rhyming skills of deaf children educated with phonetically augmented speechreading. Q. J. Exp. Psychol. Sec. A 53, 349–375. doi: 10.1080/713755898

CISIC, (2021). Centre d'Infomation sur la Surdiéte et l'Implant Cochléaire. Enquête « Le parcours de l'enfant implanté cochléaire » : des résultats riches en informations. France.

Colin, S., Ecalle, J., Truy, E., Lina-Granade, G., and Magnan, A. (2017). Effect of age at cochlear implantation and at exposure to Cued Speech on literacy skills in deaf children. Res. Dev. Disabil. 71, 61–69. doi: 10.1016/j.ridd.2017.09.014

Cornett, R. O. (1967). Cued speech. Am. Ann. Deaf 112, 3–13.

Demers, D., and 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. J. Speech Lang. Hear. Res. 62, 4196–4230. doi: 10.1044/2019_JSLHR-H-18-0137

Dettman, S. J., and Dowell, R. C. (2010). "Language acquisition and critical periods for children using cochlear implants," in Oxford handbook of deaf studies, language and education, Vol. 2, eds M. Marschark and P. E. Spencer (New York, NY: Oxford University Press), 331–342.

Dettman, S., Wall, E., Sharpe, G., Dornan, D., Dowell, R., and Galvin, K. (2013). Communication outcomes for groups of children using cochlear implants enrolled in auditory-verbal, aural-oral, and bilingual-bicultural early intervention programs. Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 75, 34–34. doi: 10.1016/S0165-5876(11)70177-X

Eriks-Brophy, A. (2004). Outcomes of Auditory-Verbal therapy: A review of the evidence and a call for action. Volta Rev. 104, 21–35.

Gaylor, J. M., Raman, G., Chung, M., Lee, J., Rao, M., Lau, J., et al. (2013). Cochlear implantation in adults: A systematic review and meta-analysis. JAMA Otolaryngol. Head Neck Surg. 139, 265–272. doi: 10.1001/jamaoto.2013.1744

Geers, A. E., Nicholas, J., Tobey, E., and Davidson, L. (2016). Persistent language delay versus late language emergence in children with early cochlear implantation. J. Speech Lang. Hear. Res. 59, 155–170. doi: 10.1044/2015_JSLHR-H-14-0173

Gravel, J. S., and O'Gara, J. (2003). Communication options for children with hearing loss. Ment. Retard. Dev. Disabil. Res. Rev. 9, 243–251. doi: 10.1002/mrdd.10087

Hall, M. L., Hall, W. C., and Caselli, N. K. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. First Lang. 39, 367–395. doi: 10.1177/0142723719834102

Hansson, K., Ibertsson, T., Asker-Árnason, L., and Sahlén, B. (2018). Language impairment in children with CI: An investigation of Swedish. Lingua 213, 63–77. doi: 10.1016/j.lingua.2018.07.001

HAS (2009). Haute Autorité de Santé. Surdité de l'enfant: accompagnement des familles et suivi de l'enfant de 0 à 6 ans, hors accompagnement scolaire. France.

Jacquier-Roux, M., Valdois, S., Zorman, M., Lequette, C., and Pouget, G. (2005). Outil de dépistage des DYSlexies - ODEDYS.

Kaipa, R., and Danser, M. L. (2016). Efficacy of auditory-verbal therapy in children with hearing impairment: A systematic review from 1993 to 2015. Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 86, 124–134. doi: 10.1016/j.ijporl.2016.04.033

Kelsall, D., Lupo, J., and Biever, A. (2021). Longitudinal outcomes of cochlear implantation and bimodal hearing in a large group of adults: A multicenter clinical study. Am. J. Otolaryngol. 42:102773. doi: 10.1016/j.amjoto.2020.102773

Khomsi, A. (2001). ELO: évaluation du langage oral manuel. ECPA, les Éd. du Centre de psychologie appliquée, Paris.

Kos, M.-I., Deriaz, M., Guyot, J.-P., and Pelizzone, M. (2009). What can be expected from a late cochlear implantation? Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 73, 189–193. doi: 10.1016/j.ijporl.2008.10.009

Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., and O'Donoghue, G. M. (2016). Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness: A connectome model. Lancet Neurol. 15, 610–621. doi: 10.1016/S1474-4422(16)00034-X

LaSasso, C. J., Crain, K. L., and Leybaert, J. (2010). Cued speech and cued language development for deaf and hard of hearing children. San Diego, CA: Plural Publishing.

Leybaert, J., and LaSasso, C. J. (2010). Cued speech for enhancing speech perception and first language development of children with cochlear implants. Trends Amplif. 14, 96–112. doi: 10.1177/1084713810375567

Ling, D., and Clarke, B. R. (1975). Cued speech: An evaluative study. Am. Ann. Deaf 120, 480–488. Ling, D. (1978). Speech development in hearing-impaired children. J. Commun. Disord. 11, 119–124. doi: 10.1016/0021-9924(78)90004-7

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. Doctoral dissertation. Grenoble: Université Grenoble Alpes.

Macmillan, N. A., and Creelman, C. D. (2004). Detection Theory: A User's Guide, 2nd Edn. New York, NY: Psychology Press. doi: 10.4324/9781410611147

Meloni, G. (2022). Evaluation des troubles du développement des sons de parole dans le cadre d'un modèle psycholinguistique chez l'enfant francophone. Doctoral dissertation. Grenoble: Université Grenoble Alpes.

Meloni, G., Lœvenbruck, H., and Vilain, A. (2017). "EULALIES, the france-québec speech sound disorders project," in Paper presented at the 14th international congress for the study of child language (IASCL), Lyon.

Nicholls, G. H., and Ling, D. (1982). Cued Speech and the reception of spoken language. J. Speech Hear. Res. 25, 262–269. doi: 10.1044/jshr.2502.262

O'Donoghue, G. M., Nikolopoulos, T. P., and Archbold, S. M. (2000). Determinants of speech perception in children after cochlear implantation. Lancet 356, 466–468. doi: 10.1016/S0140-6736(00)02555-1

Parent, V., Codet, M., Aubry, K., Bordure, P., Bozorg-Grayeli, A., Deguine, O., et al. (2020). The french cochlear implant registry (EPIIC): Cochlear implantation complications. Eur. Ann. Otorhinolaryngol. Head Neck Dis. 137(Suppl. 1), S37–S43. doi: 10.1016/j.anorl.2020.07.007

Percy-Smith, L., Tønning, T. L., Josvassen, J. L., Mikkelsen, J. H., Nissen, L., Dieleman, E., et al. (2018). Auditory verbal habilitation is associated with improved outcome for children with cochlear implant. Cochlear Implants Int. 19, 38–45. doi: 10.1080/14670100.2017.1389020

Périer, O., Charlier, B., Hage, C., and Alegria, J. (1990). "Evaluation of the effects of prolonged cued speech practice upon the reception of spoken language," in The education of hearing impaired: Current perspectives, 1985;1, International Congress on education of the hearing impaired, ed. I. G. Taylor (Beckenham: Croom Helm Ltd).

R Core Team (2006). A language and environment for statistical computing. Computing 1. Vienna: R Core Team.

Reisberg, D., McLean, J., and Goldfield, A. (1987). "Easy to hear but hard to understand: A lip-reading advantage with intact auditory stimuli," in Hearing by eye: The psychology of lip-reading, eds B. Dodd and R. Campbell (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc), 97–113.

Spencer, P. E., Marschark, M., Spencer, P. E., and Marschark, M. (2010). Evidence-based practice in educating deaf and hard-of-hearing students. Oxford: Oxford University Press.

Sumby, W. H., and Pollack, I. (1954). Visual contribution to speech intelligibility in noise. J. Acoust. Soc. Am. 26, 212–215. doi: 10.1121/1.1907309

Trezek, B. J. (2017). Cued speech and the development of reading in english: Examining the evidence. J. Deaf Stud. Deaf Educ. 22, 349–364. doi: 10.1093/deafed/enx026

Uchanski, R. M., Delhorne, L. A., Dix, A. K., Braida, L. D., Reed, C. M., and Durlach, N. I. (1994). Automatic speech recognition to aid the hearing impaired: Prospects for the automatic generation of cued speech. J. Rehabil. Res. Dev.31, 20–41.

Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., and Vilain, A. (2021). "Les outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds en France: Étude exploratoire," in Paper presented at the séminaire AFCP – phonétique clinique, Toulouse.

Yanbay, E., Hickson, L., Scarinci, N., Constantinescu, G., and Dettman, S. J. (2014). Language outcomes for children with cochlear implants enrolled in different communication programs. Cochl. Implants Int. 15, 121–135. doi: 10.1179/1754762813Y.0000000062

4. Article 3. Apports de la langue française Parlée Complétée et de l'Auditory Verbal Therapy sur la production de parole d'enfants porteurs d'implants cochléaires

Ainsi, l'article 2 de cette thèse suggère des bénéfices d'un niveau élevé de décodage de la LfPC et de la participation à une thérapie AVT pour la perception audiovisuelle de la parole. Étant donné que les informations perceptives fournissent les cibles de la production de parole, nous nous questionnons sur la production de parole chez les enfants porteurs d'implants cochléaires. Une seule étude a mesuré l'influence du niveau de décodage de la LfPC sur la production de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires (Machart et al. 2022). Les résultats de cette étude montraient qu'un niveau élevé de décodage de la LfPC apporte des bénéfices pour la précision articulatoire et phonologique des enfants porteurs d'implants cochléaires. En revanche, aucune étude n'a mesuré l'apport d'une thérapie AVT sur la production de parole d'enfants francophones porteurs d'implants cochléaires.

Cette troisième étude a pour objectif de mieux comprendre les apports de ces deux approches sur le développement de la parole, en examinant le versant production. L'objectif du présent article est d'analyser la production des consonnes, en mettant l'accent sur les erreurs de type substitution, suppression, ainsi que sur la réalisation du voisement et de la nasalisation. L'effet du nombre de syllabes sur la production consonantique a également été examiné.

Cette étude est présentée sous la forme d'un article et a été publiée le 30 novembre 2023 dans le cadre des Rencontres Internationales d'Orthophonie UNADREO 2023.

Van Bogaert, L., Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H. & Consortium EULALIES (2023). Apports de la Langue française Parlée Complétée et de l'Auditory Verbal Therapy sur la production de parole d'enfants porteurs d'implants cochléaires. *Actes des Rencontres Internationales d'Orthophonie UNADREO 2023*.

Ces résultats ont été présentés lors de trois conférences :

- Van Bogaert, L., Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H. & Consortium EULALIES (2023). Speech perception and production in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches. *Comm4CHILD Workshop*, Leuven, Belgique.

- Van Bogaert, L., Machart, L., Lœvenbruck, H. & Vilain, A. (2023). Nonword repetition in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches. *20th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS)*, Praha, Czech Republic.
- Van Bogaert, L., Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H. & Consortium EULALIES (2023). Apports de la Langue française Parlée Complétée et de l'Auditory Verbal Therapy sur la production de parole d'enfants porteurs d'implants cochléaires. *Rencontres Internationales d'Orthophonie UNADREO 2023,* Paris, France.

Lucie VAN BOGAERT
Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, 38000 Grenoble, France
Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, CNRS, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France

Laura MACHART
Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, 38000 Grenoble, France
Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, CNRS, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France

Silvain GERBER
Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, CNRS, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France

Hélène LŒVENBRUCK
Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, 38000 Grenoble, France

Anne VILAIN
Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, CNRS, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France

Consortium EULALIES
*Les membres du consortium EULALIES incluent, dans l'ordre alphabétique : Sandrine Anselme (Université Grenoble Alpes), Maud Costa (Université Grenoble Alpes), Estelle Gillet-Perret (CRTLA, Centre Hospitalier Universitaire Grenoble Alpes), Andrea A. N. MacLeod (University of Alberta, Edmonton, Canada), Geneviève Meloni (Université Grenoble Alpes et Université de Montréal, Montréal, Canada), Clarisse Puissant (Université Grenoble Alpes), et Yvan Rose (Memorial University, Newfoundland, Canada).

Correspondance :
Lucie.van-bogaert@univ-grenoble-alpes.fr
CNRS UMR 5105 - Université Grenoble Alpes
BSHM - 1251 Avenue Centrale CS40700
38058 Grenoble Cedex 9 - France

Apports de la Langue française Parlée Complétée et de l'Auditory Verbal Therapy sur la production de parole d'enfants porteurs d'implants cochléaires

Résumé

L'exposition précoce à un environnement linguistique riche est primordiale dès l'annonce du diagnostic de surdité. Par ailleurs, l'implant cochléaire (IC) permet de mieux percevoir les sons de parole, mais les informations auditives transmises par celui-ci restent dégradées (Colin et al., 2017). Cette étude s'intéresse à l'apport sur la production de parole de deux approches pour le soutien de la langue vocale des enfants sourds. L'Auditory Verbal Therapy (AVT) est un programme d'intervention précoce qui vise à stimuler les compétences auditives et langagières des enfants sourds à travers l'entraînement auditif. La Langue française Parlée Complétée (LfPC) est un outil visuo-audio-manuel qui permet

de favoriser la perception de la parole en y ajoutant un geste manuel et en désambiguïsant ainsi la lecture labiale. Dans le cadre de cette étude, une tâche de dénomination d'images de la batterie EULALIES a été administrée à un groupe d'enfants âgés de 5 à 11 ans, comprenant 71 enfants monolingues normo-entendants (NE), neuf enfants sourds porteurs d'IC ayant suivi un programme AVT (AVT), 12 enfants sourds porteurs d'IC ayant un niveau élevé de décodage de la LfPC (LfPC+) et 19 enfants sourds porteurs d'IC avec un faible niveau de décodage de la LfPC (LfPC-). Les résultats montrent que les enfants LfPC- font plus d'erreurs de production de parole que les enfants NE, ce qui n'est, dans l'ensemble, pas le cas pour les enfants LfPC+ et AVT. Par conséquent, cette étude suggère qu'une exposition importante à la LfPC, ainsi que l'utilisation de l'AVT, peuvent contribuer au développement des compétences phonologiques en production de parole chez les enfants sourds porteurs d'IC, soulignant ainsi l'importance de mettre en place une approche spécifique en complément l'IC.

Mots clés

Production de parole, enfants, implants cochléaires, Auditory Verbal Therapy, Langue française Parlée Complétée

Contribution of French Cued Speech and Auditory Verbal Therapy to speech production in children with cochlear implants

Abstract

It is crucial to provide a language-rich environment to deaf children from an early age, starting at the moment of diagnosis. Although the cochlear implant (CI) improves speech perception, the auditory information received through the CI is still degraded (Colin et al., 2017). This study aims at analyzing the speech production contribution of two speech rehabilitation approach for deaf children using CI. Auditory Verbal Therapy (AVT) is an early intervention program that enhances the auditory and language skills of deaf children through a hearing focused training. French Cued Speech, also called Cued French (CF), is a multisensory communication tool that disambiguates lip reading by adding a manual gesture. To assess speech production, we used picture naming task from the EULALIES battery. This study includes children aged 5 to 11 years: 71 typically-hearing children (TH group), nine deaf children with CI who had participated in an AVT program (AVT group), 12 deaf children with CI with high Cued French reading skills (CF+ group), and 19 deaf children with CI with low Cued French reading skills (CF- group). Overall, the findings show that CF+ children and AVT children have better speech production scores, compared to the CF- children. Consequently, this study suggests that Cued French and AVT can enhance phonological skills in speech production in children with CI, and highlights the importance of using a specific approach in addition to a cochlear implant.

Keywords

Speech production, children, cochlear implants, Auditory Verbal Therapy, French Cued Speech

Introduction

La surdité est le déficit sensoriel le plus fréquent et sa prévalence est estimée à au moins une naissance sur 1 000 (HAS, 2009). Elle peut avoir un impact sur le développement de la communication verbale, ainsi que sur le développement cognitif, ce qui en fait un enjeu de société important (HAS, 2009). Ainsi, dès l'annonce du diagnostic de surdité, les parents peuvent choisir de mettre en place un mode de communication vocal (dans ce contexte, le français) ou un mode de communication signé (la Langue des Signes Française, LSF), ou encore une combinaison des deux langues (appelé le bilinguisme bimodal). La grande majorité des enfants sourds (95 % d'après Hall et al., 2019) naissent dans des foyers où seule la langue parlée est utilisée, ce qui influence le choix du mode de communication pour l'enfant. En effet, en France, la majorité des parents (72 % selon l'enquête du CISIC, 2021) choisissent un mode de communication vocal avec leur enfant porteur d'implants cochléaires.
La présente étude se focalise ainsi sur le développement de la communication vocale des enfants sourds, et plus précisément sur le développement de la parole. En France, le dépistage systématique néonatal de la surdité existe depuis 2012 et permet une identification plus précoce de la surdité (Daubney et al., 2013). Par ailleurs, si les parents optent pour le développement de la communication vocale avec leur enfant, il est essentiel de mettre en place le plus rapidement possible une rééducation linguistique en fournissant des outils de communication adaptés à l'enfant et à sa famille. Les recommandations nationales françaises préconisent l'utilisation de deux outils pour le développement de la communication audiophonatoire en langue française : le Français Signé (outil qui ponctue la parole par des signes de la LSF, en respectant la syntaxe du français) ou la Langue française Parlée Complétée (LfPC) (HAS, 2009). Aujourd'hui, une autre méthode commence à être de plus en plus utilisée par les parents en France : l'Auditory Verbal Therapy (AVT). Une étude sur l'état des lieux des outils d'aide à la communication utilisés en France (Van Bogaert et al. in prep ; Van Bogaert et al., 2021) montre que seulement 1 % des professionnel·le·s et 11 % des parents utilisent l'AVT dans la pratique clinique ou à la maison, tandis que la LfPC est utilisée par 46 % des professionnel·le·s et 24 % des parents. Par ailleurs, les parents utilisant l'AVT sont satisfaits à 98 % de cette méthode, tandis que ceux utilisant la LfPC en sont satisfaits à 79 %. Cela suggère que les parents qui ont choisi de mettre en place l'AVT, généralement par l'intermédiaire des réseaux sociaux ou de sites internet, sont plus satisfaits que ceux qui ont suivi les recommandations nationales pour l'utilisation de la LfPC à la maison. Cette dernière étude souligne la nécessité de fournir des données probantes sur l'efficacité de ces deux approches pour le développement de la parole et du langage des enfants sourds.

I - Perception et production de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires

Cette étude a pour objectif de décrire le développement de la parole chez l'enfant porteur d'implants cochléaires (IC). Un IC est un dispositif électro-acoustique qui inclut des électrodes insérées dans la cochlée, afin de générer des impulsions électriques artificielles qui stimulent directement le nerf auditif. La littérature scientifique s'accorde à dire que l'IC améliore la perception de la parole. Néanmoins, il ne permet pas une perception auditive équivalente à celle des personnes normo-entendantes, car l'information auditive transmise par l'IC

reste limitée et dégradée (Colin et al., 2017 ; Leybaert & LaSasso, 2010). En effet, des études ont montré que les enfants porteurs d'IC ont des performances en perception de parole inférieures à celles des enfants normo-entendants, et que leurs représentations phonologiques demeurent sous-spécifiées (Colin et al., 2017). Par ailleurs, il existe une grande variabilité des résultats, pouvant s'expliquer par de nombreux facteurs (Colin et al., 2017 ; Dillon et al., 2004 ; Sundström et al., 2018). Un des facteurs prédictifs des résultats en perception de parole est la précocité de la pose de l'IC. De nombreuses études s'accordent à dire que plus l'enfant est implanté précocement, plus sa perception de parole sera améliorée (voir Forli et al., 2011 pour une revue systématique). Cependant, il n'existe pas de consensus dans la littérature sur l'âge d'implantation précoce optimal. Certains auteurs préconisent une implantation avant 18 mois (Niparko et al., 2010), d'autres soutiennent que l'implantation précoce est optimale avant 12 mois (Ching et al., 2013 ; Dettman et al., 2007), tandis que d'autres encore recommandent une implantation avant l'âge de 24 mois (Hayes et al., 2011 ; Miyamoto et al., 2008 ; Nicholas & Geers, 2006 ; Svirsky et al., 2000).

Concernant la production de parole, les études montrent que, malgré l'IC, des difficultés de production de parole persistent chez les enfants sourds (Hansson et al., 2018 ; Machart et al., 2022 ; Nittrouer et al., 2018 ; Sundström et al., 2018). En effet, des altérations phonologiques sur le trait de voisement et du mode d'articulation sont observées (Kim & Chin, 2008), ainsi que sur le trait de nasalité (Sundarrajan et al., 2019 pour les consonnes et Fagniart et al., 2020 pour les voyelles).

En résumé, les données scientifiques sur la perception et la production de parole montrent que l'IC seul n'est pas suffisant pour développer une perception et une production de parole similaires à celles des enfants normo-entendants. Dans ce contexte, il est important de mettre en place des approches pour le développement de la langue vocale, en complément de l'IC (Machart et al., 2022). Dans cette étude, nous nous intéressons à l'apport de la Langue française Parlée Complétée (LfPC) et de l'Auditory Verbal Therapy (AVT) sur la production de parole des enfants sourds porteurs d'IC.

II - La Langue française Parlée Complétée

Le Cued Speech (version originale américaine de la Langue française Parlée Complétée, LfPC) a été inventé par Cornett en 1966 et adapté en français en 1980 pour les enfants sourds. Il s'agit d'un outil visuo-manuel qui complète les informations auditives et visuelles de la parole afin de désambiguïser les phonèmes visuellement identiques sur le plan labial et d'améliorer le décodage phonologique (Cornett, 1967). Les fondements théoriques de cet outil sont fournis par de nombreuses études décrivant la perception de la parole comme un processus multisensoriel impliquant l'intégration d'indices auditifs et visuels (McGurk & MacDonald, 1976 ; Sumby & Pollack, 1954). Le Cued Speech a été adapté à plus de 60 langues parlées, en fonction de leur système phonologique (Shull & Crain, 2010). Cette étude porte sur la version française du Cued Speech, la Langue française Parlée Complétée, LfPC. Une clé manuelle de la LfPC se compose de deux paramètres : la forme de main représentant la consonne et la position de la main autour du visage représentant la voyelle. Afin de réduire le nombre de clés manuelles, une même clé peut coder plusieurs phonèmes, si ceux-ci sont différents sur le plan labial (exemple : /m/, /t/ & /f/ peuvent facilement

être différenciables grâce à la lecture labiale et sont donc codés par la même clé manuelle). Dans ce contexte, pour décoder le message sans ambiguïté, l'enfant sourd utilise de façon complémentaire les informations relatives à la lecture labiale et les informations véhiculées par les clés manuelles.

De nombreuses études ont étudié l'apport de la LfPC sur le développement de la parole. En effet, il a été démontré qu'une exposition précoce et intensive à la LfPC améliore la perception de la parole chez les enfants sourds. Cette perception de parole peut être améliorée, non seulement lorsque la parole audiovisuelle est présentée avec des indices manuels (Ling & Clarke, 1975 ; Périer et al., 1990 ; Uchanski et al., 1994), mais aussi lorsque les indices manuels sont présentés aux enfants sans information auditive (Nicholls & Ling, 1982). Par ailleurs, d'autres études suggèrent également que l'exposition à la LfPC peut améliorer la perception de la parole, même lorsque les indices manuels sont absents. En effet, l'étude menée par Kos et al. (2009) a révélé que l'exposition au Cued Speech avait un effet positif sur la perception de la parole lorsque seules les informations auditives étaient disponibles. De même, les résultats de l'étude d'Aparicio et al. (2012) ont mis en évidence que les adultes sourds exposés à ce code avaient de meilleures compétences en lecture labiale que leurs pairs entendants, en l'absence d'indices manuels. Enfin, il a été montré qu'une exposition intensive et précoce au Cued Speech permet aux enfants sourds de développer des représentations phonologiques plus précises (meilleure acquisition des rimes, de la lecture, de l'orthographe et de la mémoire phonologique à court terme) (Charlier & Leybaert, 2000 ; Leybaert et al., 2012 ; Leybaert & LaSasso, 2010). Plus récemment, l'étude de Machart et al. (2022) a montré des bénéfices de la LfPC sur la production de parole des enfants porteurs d'IC. Dans cette étude, les enfants sourds ayant développé un niveau élevé de décodage de la LfPC avaient une production de phonèmes (consonnes, voyelles et groupes consonantiques) plus juste, par rapport aux enfants sourds dont les compétences de décodage de la LfPC étaient plus limitées. De plus, les auteurs ont également mis en évidence que les compétences de décodage de la LfPC ont un effet sur la production du trait de nasalité, de voisement et sur le mode et le lieu d'articulation des consonnes (Machart et al., 2022).

III - L'Auditory Verbal Therapy

L'Auditory Verbal Therapy (AVT, en français, Thérapie Auditive-Verbale) est une méthode créée en 1970 par Doreen Pollack (Pollack, 1970). C'est un programme d'intervention précoce qui soutient l'acquisition du langage oral du nourrisson et du jeune enfant sourd à travers ses capacités d'écoute. Ce programme d'accompagnement est centré sur la famille et les parents sont les premiers médiateurs du développement du langage de leur enfant. En effet, ceux-ci participent activement à la rééducation de leur enfant et sont encouragés à utiliser des stratégies verbales auditives dans la vie de tous les jours afin de stimuler quotidiennement les compétences auditives de leur enfant (Dettman, 2010). Les professionnel·le·s LSLS Cert. AVT (Listening and Spoken Language Specialist Certified AVT) s'engagent à respecter les 10 principes énoncés par l'AG Bell Academy for Listening and Spoken Language. Ces principes comprennent la promotion du diagnostic de surdité précoce, l'utilisation d'une technologie auditive appropriée et précoce, l'accompagnement des parents et la mise en place d'un environnement propice pour développement de l'audition et de la parole. Chaque session AVT comprend des activités conçues pour encourager le

développement des capacités d'écoute de l'enfant, ainsi qu'une évaluation continue tout au long de ces activités afin d'ajuster les objectifs et de fournir aux parents un retour d'information continu sur les progrès de l'enfant. Sur la base de ces évaluations, des objectifs spécifiques sont définis en collaboration avec la famille, en tenant compte de l'âge de l'enfant, de ses capacités cognitives et de ses aptitudes linguistiques et auditives (Fitzpatrick & Doucet, 2012). En outre, quatre activités auditives sont généralement réalisées au cours des séances : la détection des sons, la discrimination des sons, l'identification des sons et la compréhension des sons.

Bien que l'AVT soit largement utilisée et préconisée par les agences nationales de santé dans certains pays (Etats-Unis, Canada, Australie, Danemark, Royaume-Uni, par exemple), les preuves scientifiques de sa contribution au développement de la parole et du langage sont encore limitées. Dans l'étude de Dettman et al. (2013), les auteurs ont comparé les performances en parole d'enfants sourds australiens inscrits dans une approche AVT, dans une approche oraliste (auditive-orale, AO) ou utilisant la communication bilingue bimodale (BB). Les résultats ont montré que les enfants du groupe AVT avaient de meilleures performances que le groupe BB dans toutes les mesures de perception de la parole. Aucune différence n'a été retrouvée entre les groupes AVT et AO. Cependant, l'âge d'implantation cochléaire dans le groupe AVT était significativement plus faible que dans les groupes AO et BB. Une autre étude de Yanbay et al. (2014) a comparé les performances lexicales, la compréhension auditive et les compétences expressives d'enfants porteurs d'IC de ces trois groupes (AVT, AO et BB). Les résultats n'ont montré aucune différence entre les trois groupes. Enfin, Percy-Smith et al. (2018) ont comparé les compétences linguistiques d'enfants porteurs d'IC inscrits dans un programme AVT à des enfants ayant bénéficié d'une rééducation orthophonique danoise « standard » (c'est-à-dire des séances d'orthophonie une ou deux fois par semaine dont les objectifs thérapeutiques variaient d'un enfant à l'autre). Les enfants sourds qui ont suivi un programme AVT ont obtenu des scores significativement plus élevés dans les trois tâches langagières (vocabulaire en réception et production et compréhension du message oral), en comparaison aux enfants sourds ayant suivi une rééducation « standard ». Dans une revue systématique, Binos et al. (2021) ont conclu que, bien que les articles examinés aient montré un impact positif de l'AVT sur les compétences en parole des enfants porteurs d'IC, l'absence d'études bien contrôlées et la petite taille des échantillons rendent difficile la généralisation des résultats. En effet, ces études n'incluaient pas de groupe contrôle d'enfants normo-entendants et la plupart ne contrôlaient pas les biais liés à l'âge des participants, à l'âge au moment de l'implantation cochléaire ou au statut socio-économique (Binos et al., 2021 ; Kaipa & Danser, 2016).

Objectifs

La présente étude examine l'apport de l'exposition à la LfPC et de l'utilisation d'une thérapie AVT sur la production vocale d'enfants francophones porteurs d'IC.

Une étude récente a déjà analysé la contribution de ces deux approches sur la perception de la parole des enfants porteurs d'IC (Van Bogaert et al., 2023). Les résultats d'une tâche de détection d'altérations phonologiques montrent que tous les enfants porteurs d'IC ont des performances plus faibles que les enfants normo-entendants. Cependant, il a été montré que les enfants ayant un faible niveau de

décodage de la LfPC (groupe LfPC-) ont des scores plus éloignés de la norme normo-entendante que les enfants avec un niveau élevé de décodage de la LfPC (groupe LfPC+) et que les enfants ayant participé à une thérapie AVT (groupe AVT). Cette étude a également montré que la fréquence d'exposition à la LfPC et la précocité de cette exposition ont un impact significatif et positif sur les capacités de décodage de la LfPC et, par conséquent, sur les compétences en perception de parole. Dans l'ensemble, les résultats de cette étude suggèrent les bénéfices de ces deux approches pour la rééducation de la parole, et soulignent l'importance d'utiliser une approche spécifique en complément de l'IC pour améliorer la perception de la parole chez ces enfants.

La présente étude vise à mieux comprendre l'apport de ces deux approches sur le développement de la parole, en examinant le versant production, à travers une tâche de dénomination d'images, qui permet d'observer la réalisation orale de formes phonologiques lexicales. Dans cette étude, notre objectif est d'analyser la production des consonnes, en mettant l'accent sur les substitutions, les suppressions, le contraste de voisement et de nasalisation et l'effet du nombre de syllabes sur la production consonantique. Nous avons choisi d'étudier les consonnes afin d'examiner spécifiquement le contraste de voisement. De plus, l'acquisition des voyelles se fait généralement jusqu'à l'âge de 3 ans (Dodd et al., 2003), tandis que l'acquisition de certaines consonnes est plus tardive dans le développement du langage. Par exemple, l'acquisition des consonnes fricatives ([f], [v], [s], [z], [ʃ], [ʒ]) et uvulaires ([ʁ]) est généralement plus tardive que les voyelles orales et nasales, pouvant s'étendre jusqu'à l'âge de 7 ans (Brosseau-Lapré et al., 2018).

Méthodes

Les données utilisées dans cette étude proviennent des tâches proposées dans le cadre du projet EULALIES (Meloni et al., 2017). Cette étude a été examinée et approuvée par le Comité d'éthique pour les recherches de Grenoble Alpes (CERGA), Avis 2022-23. Avant de participer, le consentement éclairé écrit a été fourni par le·la tuteur·rice légal·e des participant·e·s, et un consentement oral a également été obtenu auprès de chaque enfant.

IV - Protocole et matériel

L'enfant est assis à une table, devant un ordinateur ou une tablette et porte un micro-tête SHURE (Beta 54R). L'enregistrement des données audio se fait à partir d'un enregistreur Zoom (H4n Pro). Trois tâches expérimentales de la batterie EULALIES (Meloni et al., 2017) sont réalisées, testant chacune différents niveaux de traitement de la parole, en perception et en production : il s'agit des tâches de jugement de lexicalité, dénomination d'images et répétition de pseudo-mots. Ensuite, l'enfant réalise une tâche de conscience phonologique (extraction phonémique) de la batterie ThaPho (Ecalle, 2007)
En plus des tâches expérimentales, nous avons inclus des épreuves pour mesurer les compétences en mémoire de travail : tâche d'empan visuel (LeFevre et al., 2010) et d'empan de chiffres (Jacquier-Roux et al., 2005), ainsi que la tâche de production d'énoncés de la batterie ELO (Khomsi, 2001).
Pour les enfants normo-entendants, nous avons également effectué une audiométrie pour vérifier si les enfants avaient une audition typique, en testant

leur perception à 20 dB sur les fréquences 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz et 8000 Hz.
Par ailleurs, un questionnaire de langage est rempli par les parents afin de récolter des informations sur le développement langagier de chaque enfant (multilinguisme, âge d'implantation cochléaire, catégorie socio-professionnelle des parents, mode(s) de communication, etc.).
Enfin, le TERMO (Test d'Évaluation de la réception du Message Oral (Descourtieux, 2006)) est utilisé pour mesurer le niveau de décodage de la LfPC des enfants exposés à ce code. Dans cette tâche, des mots et des phrases sont présentés à l'enfant sans voix, mais avec les images labiales et les gestes manuels LfPC correspondants. L'enfant doit ensuite dire oralement ce qu'il a compris. Seule la précision lexicale est évaluée, permettant de déterminer deux niveaux de décodage de la LfPC : un niveau faible (capacité à décoder quelques syllabes seulement) et un niveau élevé (capacité à décoder des mots isolés et des phrases simples).
Dans le cadre de cette étude, nous utilisons la tâche de dénomination d'images de la batterie EULALIES (Meloni et al., 2017) pour mesurer la production de parole.

V - Dénomination d'images

La tâche de dénomination permet d'évaluer les capacités de production phonologique. Lors de cette tâche, l'enfant doit nommer spontanément chaque objet (représenté par une image) qu'il voit à l'écran de l'ordinateur. Si l'enfant rencontre des difficultés, l'expérimentateur·rice peut lui fournir soit un amorçage sémantique, soit un amorçage phonologique. Si l'enfant ne parvient pas à nommer l'image malgré ces aides, l'expérimentateur·rice lui demande de répéter le stimulus après lui/elle. Cette tâche comprend 68 mots d'une à cinq syllabes, de niveaux de complexité phonologique différents (par exemple, des mots simples comme « tomate » et des mots plus complexes comme « extraterrestre »). Ces items ont été soigneusement sélectionnés pour leur haute fréquence d'occurrence dans la base de données Lexique.org (New et al., 2004) et leur accessibilité pour les plus jeunes enfants. Les items incluent tous les phonèmes de la langue française, à différentes positions dans le mot.

VI - Participants

Cette étude regroupe 111 enfants âgés de 5 à 11 ans : 71 enfants monolingues normo-entendants (NE), neuf enfants sourds porteurs d'implants cochléaires (IC) et ayant participé à un programme AVT pendant deux ans minimum (AVT), 12 enfants sourds porteurs d'IC avec un niveau élevé de décodage de la LfPC (LfPC+) et 19 enfants sourds porteurs d'IC avec un faible niveau de décodage de la LfPC (LfPC-). Les enfants NE ont été recrutés dans les écoles de l'agglomération grenobloise (dans le cadre du projet EULALIES), les enfants AVT ont été recrutés grâce à l'association ADEFAV (Association des familles AVTistes) et les enfants exposés à la LfPC (LfPC+ et LfPC-) ont été recrutés grâce à l'association ALPC (Association pour la promotion de la Langue parlée Complétée) et au CHU de Grenoble.

Tous les enfants NE ont le français comme langue maternelle et n'ont pas été exposés quotidiennement à une autre langue. De plus, ils ont tous des scores en morphosyntaxe (évalués à partir de la tâche « production d'énoncés » de la

batterie ELO, Khomsi, 2001) et des compétences en mémoire de travail (évaluées à partir de l'empan verbal) dans les normes attendues pour leur âge.

Pour les enfants porteurs d'IC, aucun trouble supplémentaire tels que le spectre autistique, le trouble du comportement, les difficultés d'apprentissage, les troubles moteurs ou les déficits intellectuels n'a été diagnostiqué, en dehors de la surdité de l'enfant. Cependant, tous les enfants étaient suivis en orthophonie, à l'exception de sept enfants qui n'avaient plus de suivi orthophonique. De plus, tous les enfants sourds ont été exposés au français depuis leur naissance et sont de langue maternelle française, sans exposition quotidienne à une autre langue. Ils vivaient tous en France (dans des régions différentes). Sur les 40 enfants sourds de notre étude, seuls quatorze enfants ont été exposés à la langue des signes française (LSF) à l'école ou à la maison, mais leur niveau de LSF était moyen (n = 8) ou bon (n = 6), selon leurs parents. Aucun parent ne présentait une surdité. Trente-cinq enfants portaient deux IC (implantation bilatérale) et cinq enfants avaient un seul IC (implantation unilatérale bimodale). Tous les enfants utilisaient un IC depuis au moins 12 mois. Selon les parents, les seuils d'audition avec l'IC de tous les enfants étaient compris entre 15 et 35 dB, à l'exception de quatre enfants dont les seuils d'audition avec l'IC se situaient entre 40 et 45 dB. Malheureusement, nous n'avons pas pu obtenir les seuils auditifs d'IC de quatre enfants, car les parents ne les connaissaient pas.

La table 2.4.1 regroupe les informations concernant l'âge chronologique des enfants (en mois), l'âge de la première implantation cochléaire (en mois), ainsi que les moyennes des seuils auditifs avec le(s) IC (en décibels, dB).

Table 2.4.1.Informations relatives à l'âge chronologique, l'âge de la 1ère implantation cochléaire et le seuil auditif avec IC des enfants de l'échantillon – Table 1 de l'article 3.

	NE (N = 71)	AVT (N = 9)	LfPC+ (N = 12)	LfPC- (N = 19)
Age chronologique (mois) Moyenne (ET) *Médiane* Min-Max	 86.4 (17.9) *81.5* 61-133	 81.66 (17.63) *76* 66-114	 107 (24.06) *110.5* 60-139	 93.79 (22.26) *92* 64-139
Age Implantation (mois) Moyenne (ET) *Médiane* Min-Max		 20.11 (11.25) *17* 11-48	 29.16 (22.73) *21* 10-85	 26.16 (17.18) *19* 11-74
Seuil auditif avec IC (dB) Moyenne (ET)		 23.75 (3.53)	 27.5 (9.14)	 25 (6.27)

VII - Traitement des données et analyses statistiques

Tous les items produits par les enfants lors de la tâche de dénomination d'images ont été transcrits et traités en double aveugle par deux personnes natives du français et expertes en phonétique avec le logiciel PHON (Hedlund & Rose, 2019). Ces premières transcriptions ont ensuite été discutées entre cinq transcriptrices

jusqu'à l'obtention d'un consensus. Une troisième personne a validé les transcriptions et les a alignées avec la cible.

Plusieurs types de scores ont été calculés et différentes analyses ont été réalisées à partir de ces scores. Tous les graphiques et analyses statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel R (R Development Core Team, 2006).

A - Production des consonnes

Pour la production des consonnes, nous avons extrait le nombre d'erreurs par mot avec le logiciel PHON, en additionnant le nombre de substitutions, de suppressions et d'épenthèses. Nous avons calculé la moyenne du nombre d'erreurs par mot et par participant pour la production de consonnes. Ensuite, nous avons calculé deux autres scores : la moyenne du nombre d'erreurs par mot et par participant uniquement pour les suppressions consonantiques et la moyenne du nombre d'erreurs par mot et par participant uniquement pour les substitutions consonantiques.

L'objectif de cette étude était d'analyser ces différents scores de production dans les trois groupes d'enfants porteurs d'IC (groupes AVT, LfPC+ et LfPC-) par rapport à leurs pairs normo-entendants (NE). Pour mesurer cette relation, nous avons utilisé la fonction *nls* du logiciel R pour établir la courbe estimée pour les enfants du groupe NE en fonction de l'âge chronologique (en mois). Nous avons ensuite construit un intervalle de prédiction à 95 % pour cette courbe. Nous avons situé les participants des groupes IC par rapport à cet intervalle et déterminé dans quelle proportion ces participants se situaient en dehors de l'intervalle (en utilisant la fonction *predFit* du package *investr* du logiciel R).

Par ailleurs, pour chaque groupe d'enfants porteurs d'IC, nous avons effectué un test de conformité à une proportion pour évaluer si la proportion des participants en dehors de l'intervalle de prédiction des enfants NE était significativement différente de 5 %. Pour cela, nous avons utilisé la fonction *binom.test* du logiciel R.

Enfin, nous avons calculé la distance entre les scores en production des enfants IC et la moyenne de l'intervalle de confiance des enfants NE. Pour les trois groupes d'enfants sourds, une moyenne de ces distances a été calculée.

B - Contraste de voisement

Pour le contraste de voisement, nous avons extrait du logiciel PHON :

- Le nombre total d'erreurs de sonorisation (consonne non-voisée substituée par une consonne voisée) dans l'ensemble de la tâche ;
- Le nombre total d'erreurs d'assourdissement (consonne voisée substituée par une consonne non-voisée) dans l'ensemble de la tâche.
- Les analyses statistiques sont identiques à celles pour la production des consonnes.

C - Contraste de nasalité

Pour le contraste de nasalité, nous avons extrait du logiciel PHON :

- Le nombre total d'erreurs de sur-nasalisation (remplacer une consonne orale par une consonne nasale) dans l'ensemble de la tâche ;

- Le nombre total d'erreurs de dénasalisation (remplacer une consonne nasale par une consonne orale) dans l'ensemble de la tâche.

Les analyses statistiques sont identiques à celles pour la production des consonnes.

D - Effet du nombre de syllabes

Le nombre de syllabes variait d'une à cinq. Seul l'item « machine à laver » contenait cinq syllabes. Par conséquent, nous l'avons retiré de nos analyses et nous avons conservé les items d'une à quatre syllabes.
Concernant l'analyse statistique, un modèle linéaire et des comparaisons multiples ont été effectués à l'aide des fonctions lm et emmeans du logiciel R. Les variables indépendantes étaient le groupe (AVT, LfPC+, LfPC- ou NE) et le nombre de syllabes (1, 2, 3, ou 4) et la variable dépendante était la moyenne du nombre d'erreurs par mot sur les consonnes.

Résultats

Pour analyser les performances phonologiques des enfants des groupes IC dans la tâche de dénomination d'images, nous avons analysé les erreurs de production des consonnes (suppressions et substitutions), les erreurs de production du contraste de voisement et de nasalité et l'effet du nombre de syllabes sur la production consonantique.

Pour commencer, nous avons analysé les différences entre les trois groupes IC concernant l'âge chronologique de la première implantation cochléaire. Pour cela, nous avons utilisé le test non paramétrique de la somme des rangs de Wilcoxon, car la normalité de la distribution n'a pas été vérifiée. Les résultats ne montrent aucune différence entre les groupes AVT, LfPC+ et LfPC-. De plus, pour chaque score de production, nous avons regardé si l'âge d'implantation cochléaire avait une influence sur les résultats. Les résultats des analyses des régressions linéaires ont montré que l'âge de la première implantation cochléaire n'influençait pas significativement les résultats de production obtenus par les enfants. Dans ce contexte, nous n'avons donc pas inclus l'âge de l'IC dans nos analyses statistiques ultérieures.

VI – Erreurs sur la production des consonnes

E - Taux d'erreurs

La Figure 2.4.1 illustre la moyenne du nombre d'erreurs par mot sur les consonnes pour chaque enfant, répartie selon leur âge chronologique et leur groupe IC (AVT, LfPC+ et LfPC-). Ce score inclut les substitutions, les suppressions et les épenthèses. Sur cette figure, nous avons tracé l'intervalle de prédiction à 95 % pour les scores du nombre moyen d'erreurs par mot des enfants du groupe NE (lignes pointillées). Nous avons ensuite situé chaque enfant sourd par rapport à cet intervalle. La figure présente un tableau qui indique les pourcentages des participants des trois groupes IC dont les scores sont supérieurs à la limite supérieure de l'intervalle de prédiction. De plus, ce tableau fournit la distance moyenne entre le score de production de consonnes de chaque enfant et la moyenne de l'intervalle des scores des enfants NE, en fonction de l'âge chronologique (ligne noire).

Les tests de conformité des proportions montrent que la proportion des enfants LfPC- en dehors de l'intervalle est significativement différente de l'intervalle de prédiction des NE ($p < .01$). Aucune différence significative entre l'intervalle de prédiction et la proportion des enfants n'a été retrouvée pour les enfants des groupes AVT et LfPC+ ($p > .05$ pour chacun des deux groupes). De plus, le calcul de la distance moyenne entre le score de production des enfants et la moyenne de l'intervalle de prédiction révèle que les enfants du groupe LfPC- sont à une distance de 0.38 de la moyenne de l'intervalle. Les enfants AVT se trouvent à une distance de 0.13, tandis que les enfants LfPC+ sont à une distance moyenne de 0.09.

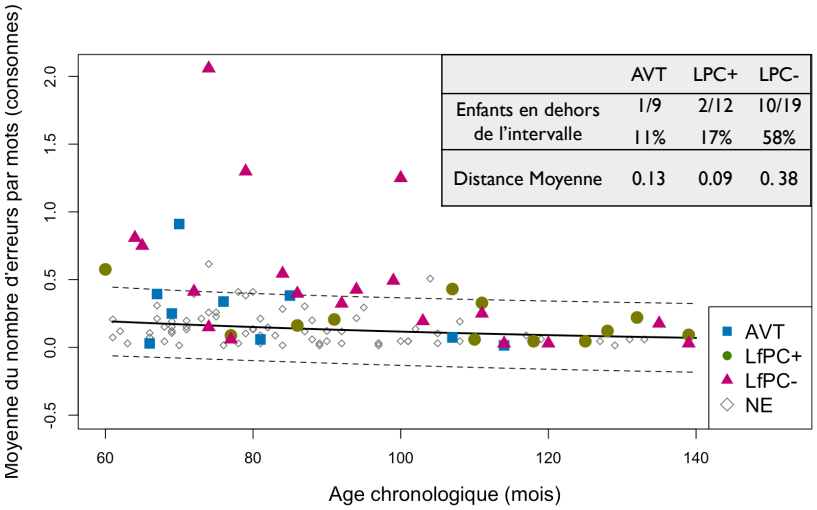


Figure 2.4.1. Moyenne du nombre d'erreurs par mot sur les consonnes, en fonction de l'âge chronologique et du groupe (NE, AVT, LfPC+ et LfPC-) – Figure 1 de l'article 3.

F - Suppressions et substitutions

La Figure 2.4.2a représente uniquement les suppressions de consonnes. La figure 2.4.2b représente uniquement les substitutions de consonnes. Les analyses statistiques sont identiques à celles utilisées pour les erreurs sur toutes les consonnes.
Les tests de conformité des proportions pour les suppressions consonantiques indiquent que les enfants LfPC+ et LfPC- sont significativement différents des enfants NE (respectivement, $p = .02$; $p < .001$). Par ailleurs, nous observons également une tendance à une différence significative entre les enfants AVT et NE sur le test de conformité des proportions ($p = .07$) pour les suppressions consonantiques.
Pour les substitutions consonantiques, seule une différence entre les enfants LfPC- et NE a été retrouvée ($p < .01$). Aucune différence entre les enfants AVT et NE ($p > .05$) et LfPC+ et NE ($p > .05$) n'a été retrouvée concernant les substitutions consonantiques.

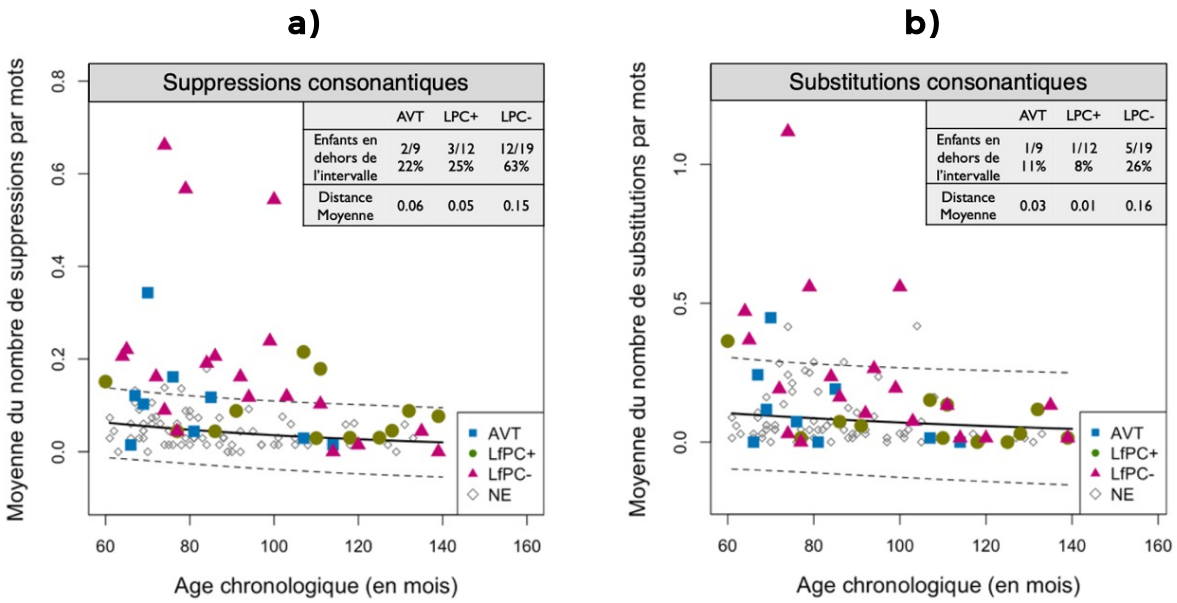


Figure 2.4.2. a) Moyenne du nombre d'erreurs par mot pour les suppressions consonantiques en fonction de l'âge chronologique ; b) Moyenne du nombre d'erreurs par mot pour les substitutions consonantiques en fonction de l'âge chronologique – Figure 2 de l'article 3.

VIII - Erreurs sur le contraste de voisement

Les Figures 2.4.3a et 2.4.3b indiquent le nombre de sonorisations (remplacer une consonne non-voisée par une consonne voisée) total sur l'ensemble de la tâche (Figure 2.4.3a) et le nombre d'assourdissements (remplacer une consonne voisée par une consonne non-voisée) total sur l'ensemble de la tâche (Figure 2.4.3b), en fonction de l'âge chronologique et du groupe.

En ce qui concerne les sonorisations, les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide de tests de conformité des proportions, indiquent une différence significative uniquement entre les enfants LfPC- et NE ($p < .001$), mais pas entre les enfants AVT et NE ($p > .05$), ni entre les enfants LfPC+ et NE ($p > .05$). En revanche, nous n'avons trouvé aucune différence significative entre les trois groupes d'enfants IC et les enfants NE pour les assourdissements ($p > .05$ pour tous les groupes).

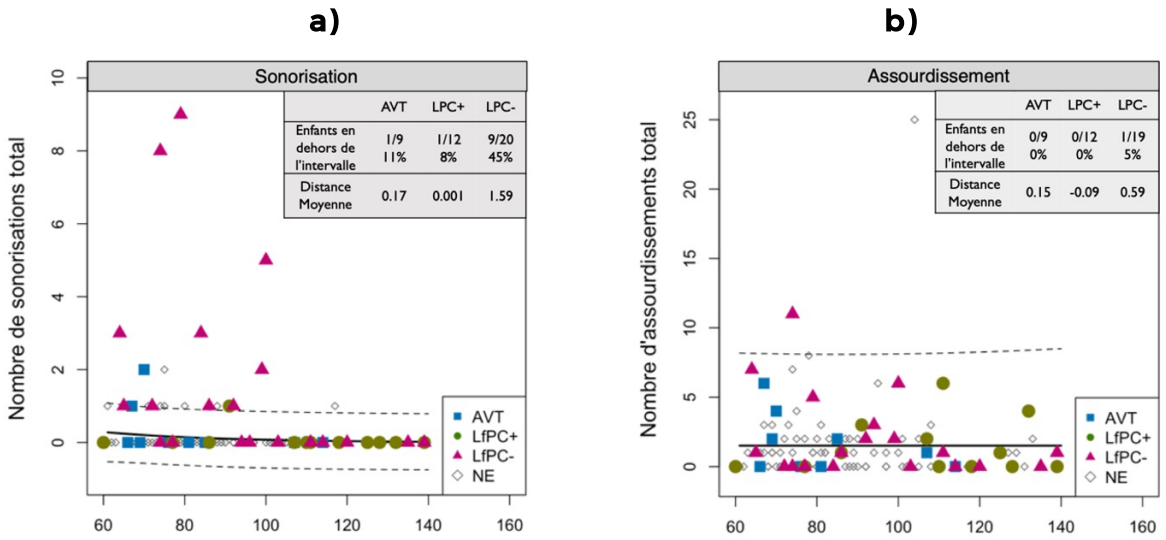


Figure 2.4.3. a) Nombre de sonorisations total en fonction de l'âge chronologique ; b) Nombre d'assourdissements total en fonction de l'âge chronologique – Figure 3 de l'article 3.

IX - Erreurs sur le contraste de nasalité

Les Figures 2.4.4a et 2.4.4b indiquent le nombre de sur-nasalisations (remplacer une consonne orale par une consonne nasale) total sur l'ensemble de la tâche (Figure 2.4.4a) et le nombre de dénasalisations (remplacer une consonne nasale par une consonne orale) total sur l'ensemble de la tâche (Figure 2.4.4b), en fonction de l'âge chronologique et du groupe.

Les résultats des tests de conformité des proportions pour les sur-nasalisations montrent une différence significative pour les trois groupes d'enfants IC (AVT, LfPC+ et LfPC-), comparés aux enfants NE (respectivement, $p < .01$; $p < .01$; $p < .001$).

Toutefois, les mesures de distances moyennes par rapport à l'intervalle indiquent que les enfants AVT et LfPC+ sont plus proches des enfants NE (distances de 0.41 et 0.18 respectivement), comparé aux enfants LfPC- (distance de 1.8).
Pour les erreurs de dénasalisations, une différence significative a été retrouvée entre les enfants LfPC- et NE ($p < .001$) et une tendance à une différence s'observe entre les enfants AVT et NE ($p = .07$). Aucune différence significative entre les enfants LfPC+ et NE n'a été retrouvée sur les dénasalisations de consonnes ($p > .05$). Par ailleurs, la distance moyenne par rapport à la moyenne de l'intervalle est de 1.37 pour les LfPC-, 0.35 pour les AVT et 0.09 pour les LfPC+.

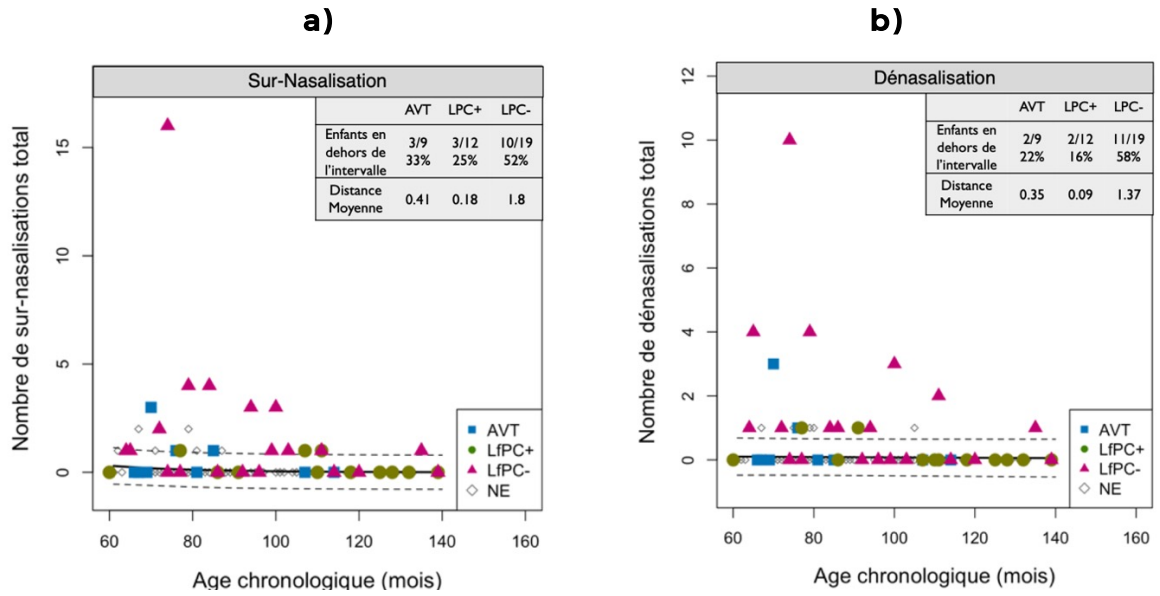


Figure 2.4.4. a) Nombre de sur-nasalisations total en fonction de l'âge chronologique ; b) Nombre de dénasalisations total en fonction de l'âge chronologique – Figure 4 de l'article 3.

X - Effet du nombre de syllabes

La Figure 2.4.5 montre la moyenne du nombre d'erreurs par mot pour les quatre groupes d'enfants, en fonction du nombre de syllabes.
Les analyses statistiques indiquent une différence significative entre les enfants NE et les enfants LfPC- pour les mots bisyllabiques ($p = .04$), trisyllabiques ($p < .01$) et quadrisyllabiques ($p < .001$). Par ailleurs, une différence significative a été retrouvée entre les enfants NE et LfPC+ ($p = .04$) et les enfants NE et AVT ($p = 0.02$) uniquement pour les mots quadrisyllabiques (aucune différence n'a été retrouvée pour ces enfants-là concernant les mots entre 1 et 3 syllabes).

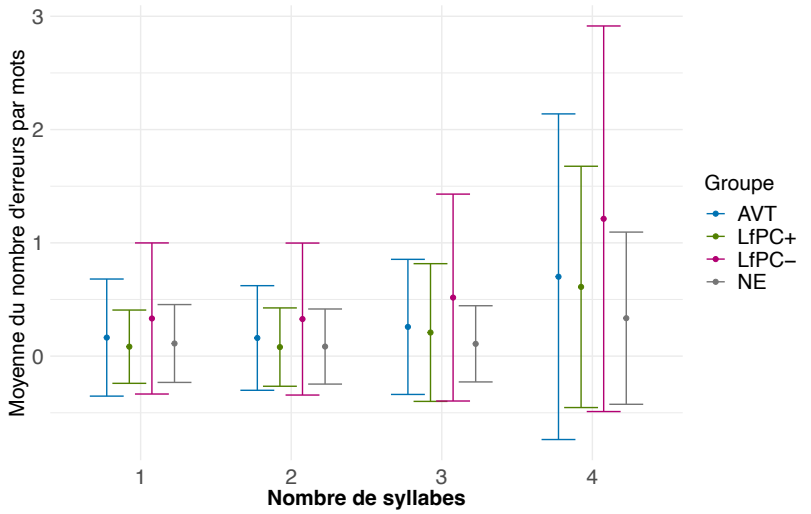


Figure 2.4.5. Moyenne du nombre d'erreurs par mot sur les consonnes pour les quatre groupes d'enfants (AVT, LfPC+, LfPC- et NE), en fonction du nombre de syllabes – Figure 5 de l'article 4.

(1 = unisyllabique ; 2 = bisyllabique ; 3 = trisyllabique ; 4 = quadrisyllabique).

Discussion

La présente étude visait à étudier les bénéfices de l'exposition à la LfPC et de l'utilisation de l'AVT sur la production de la parole des enfants porteurs d'IC. Pour ce faire, la production de parole d'enfants porteurs d'IC et d'enfants NE a été évaluée en utilisant la tâche de dénomination d'images de la batterie EULALIES (Meloni et al. 2017). Les enfants porteurs d'IC ont été répartis dans trois groupes : les enfants ayant suivi une thérapie AVT (groupe AVT), les enfants avec un niveau élevé de décodage de la LfPC (groupe LfPC+) et les enfants avec un faible niveau de décodage de la LfPC (groupe LfPC-).

Dans l'ensemble, les résultats montrent que les enfants LfPC- font plus d'erreurs phonologiques sur les consonnes (substitutions, suppressions et épenthèses) que leurs pairs entendants. Aucune différence n'a été observée entre les enfants AVT et NE et les enfants LfPC+ et NE. Ainsi, ces résultats soutiennent l'idée que la production de parole des enfants sourds est moins précise lorsque les enfants n'ont ni bénéficié d'une exposition intensive et précoce à la LfPC ni participé à un programme AVT. Par ailleurs, ces résultats sont corroborés par une autre étude qui a comparé la production de parole des enfants LfPC+ et LfPC-. Les résultats de cette étude ont montré que l'exposition intensive et précoce à la LfPC (enfants LfPC+) avait un effet bénéfique sur la précision phonologique des consonnes (Machart et al., 2022). Enfin, ces données concordent avec celles d'une étude récente sur la perception de la parole chez les enfants sourds porteurs d'IC, utilisant différentes approches de rééducation du langage et de la parole (Van Bogaert et al., 2023). En effet, dans cette étude, les auteur·e·s ont observé des bénéfices de l'AVT et du décodage de la LfPC sur la perception de parole lors d'une tâche de jugement de lexicalité.

Par ailleurs, en examinant de plus près les types d'erreurs faites par les enfants, nous observons que la différence entre les trois groupes d'enfants sourds et les enfants NE est plus importante pour les suppressions consonantiques que pour les substitutions consonantiques. En effet, les enfants AVT, LfPC+ et LfPC- font plus de suppressions consonantiques que leurs pairs NE, ce qui n'est pas le cas des substitutions consonantiques où seule une différence significative entre les enfants LfPC- et NE a été observée.

En ce qui concerne le contraste de voisement, nos résultats indiquent que les enfants LfPC- font plus d'erreurs de sonorisation, c'est-à-dire qu'ils ont tendance à remplacer les consonnes sourdes (sans voisement) par des consonnes sonores (avec voisement). Cette tendance n'est pas observée chez les enfants AVT et LfPC+.
Cependant, les trois groupes d'enfants porteurs d'IC (AVT, LfPC+ et LfPC-) ne font pas plus d'erreurs d'assourdissement (remplacer une consonne sonore par une consonne sourde) que les enfants NE. Il est intéressant de noter que les erreurs d'assourdissement sont courantes chez les enfants francophones ayant une audition typique (Meloni et al., 2021), probablement en raison de la complexité des mouvements articulatoires impliqués dans la production des consonnes sonores en français (long prévoisement). En revanche, pour les scores d'assourdissement, la distance moyenne par rapport à la moyenne de l'intervalle de prédiction des enfants NE est plus importante pour les enfants LfPC-, comparés aux enfants LfPC+ et AVT.
Ainsi, les données suggèrent que l'exposition à la LfPC et à l'AVT ont un impact positif sur la production consonantique du contraste de voisement.

Concernant le contraste de nasalité, tous les enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) ont tendance à remplacer les phonèmes oraux par des phonèmes nasaux (c'est-à-dire qu'ils ont tendance à faire des sur-nasalisations).
En revanche, seuls les enfants LfPC- font plus d'erreurs de dénasalisations des consonnes (c'est-à-dire, remplacer les phonèmes nasaux par des phonèmes oraux), en comparaison avec les enfants NE. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les enfants LfPC+ et NE, mais une tendance à une différence a été observée entre les enfants NE et AVT. Ce type d'erreurs présent chez les enfants LfPC- et AVT pourrait être dû à une mauvaise perception des consonnes nasales.
Ces résultats suggèrent qu'un niveau élevé de décodage de la LfPC apporte des bénéfices sur la production consonantique du contraste de nasalité et sont en accord avec les résultats de l'étude de Machart et al. (2022) et de Sundarrajan et al. (2019).

Enfin, les analyses sur l'effet du nombre de syllabes ont montré que les enfants LfPC- font plus d'erreurs que les enfants NE à partir de mots contenant deux syllabes. En revanche, les différences entre les enfants LfPC+ et NE et les enfants AVT et NE ne sont observées qu'à partir de mots comportant au moins quatre syllabes. Il semble donc que les difficultés phonologiques pour les enfants LfPC- se manifestent sur tous les mots de plus d'une syllabe, alors que les difficultés phonologiques pour les enfants LfPC+ et AVT ne surviennent qu'à partir des mots quadrisyllabiques.

Ces résultats sont importants pour mieux comprendre les difficultés phonologiques chez les enfants porteurs d'IC et peuvent aider à adapter et orienter les interventions orthophoniques auprès de ces enfants.

Limites

Même si cette étude semble montrer des bénéfices de l'utilisation d'une approche AVT et du niveau de décodage de la LfPC sur la production de parole des enfants porteurs d'IC, certaines limites doivent être relevées. Pour commencer, la taille de l'échantillon des enfants IC est faible, ce qui réduit le nombre de participants par groupe. En effet, les enfants LfPC+ sont moins nombreux, ce qui semble représentatif de la situation actuelle en France. Les enfants porteurs d'IC entre 5 et 11 ans avec un niveau élevé de décodage de la LfPC sont peu nombreux en France et très difficiles à recruter. Il en est de même pour les enfants ayant reçu une thérapie AV, en raison de la rareté de l'utilisation de cette approche en France.
D'autres facteurs peuvent influencer les compétences en production de parole chez les enfants porteurs d'IC. En effet, même si l'âge de la première implantation cochléaire a été pris en compte dans nos analyses et qu'il n'y avait pas d'impact significatif sur les scores de production, la moyenne de l'âge d'implantation cochléaire des enfants était différente dans les trois groupes d'enfants sourds (cf. table 1). De nombreuses études ont montré qu'une implantation cochléaire précoce est une variable qui influence significativement les compétences en production et perception de parole (Forli et al., 2011). Par ailleurs, il a été démontré que la durée d'utilisation de l'utilisation de l'IC et le fait que l'implantation soit bilatérale (deux implants cochléaires) ou bimodale (un implant cochléaire et un appareillage auditif classique) sont également des facteurs qui pourraient avoir une influence sur nos résultats (Sturm et al., 2021). Enfin, le statut

socio-économique et l'implication des parents et de l'entourage sont des variables qui pourraient influencer les résultats. En effet, il a été démontré que l'implication des parents est une variable clé dans le développement de la parole et du langage de l'enfant sourd (Moeller, 2000). D'autres études exhaustives, avec un échantillon d'enfants porteurs d'IC plus important, devraient prendre en compte ces facteurs afin de décrire plus précisément l'impact de l'exposition à la LfPC et de l'utilisation de l'AVT sur la production de la parole chez les enfants porteurs d'IC.

Implication clinique

Une implication clinique importante de cette étude est que l'implantation cochléaire seule n'est pas suffisante pour développer une production de parole adéquate. En effet, les enfants LfPC- ont constamment des scores inférieurs à ceux des enfants NE et ont souvent tendance à avoir des scores de production inférieurs aux enfants AVT et LfPC+. Ainsi, une exposition intensive et précoce à la LfPC est souhaitable pour favoriser les compétences en production de parole des enfants sourds, en particulier sur les contrastes de voisement et de nasalité. Par ailleurs, l'utilisation de l'AVT avec l'enfant sourd a une influence positive sur le développement de la parole et peut être une option envisageable.
Les parents, les orthophonistes, les audiologistes et toute personne impliquée dans la rééducation langagière de l'enfant sourd doivent être conscients de ces enjeux et doivent mettre en place un environnement linguistique riche et adapté aux besoins de l'enfant. Il est donc primordial de proposer aux parents toutes les options de communication disponibles dès le plus jeune âge.

Conclusion

A notre connaissance, aucune étude n'a évalué et comparé les bénéfices de l'exposition à la LfPC et de l'AVT sur la production de la parole chez les enfants porteurs d'IC. Nos résultats ont révélé qu'une exposition intensive et précoce à la LfPC ou une utilisation de l'AVT avec les enfants sourds améliorent les capacités de production de la parole chez ces enfants. En effet, les compétences phonologiques des enfants AVT et LfPC+ sont proches des compétences des enfants NE, ce qui n'est pas le cas des enfants LfPC-. Par ailleurs, cette étude confirme que l'implantation cochléaire à elle seule ne suffit pas à garantir des compétences adéquates en matière de production de la parole chez les enfants sourds.

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement tous les enfants et les parents qui ont participé à cette étude. Nous tenons également à remercier l'association ALPC, l'association ADEFAV, le CHU de Grenoble et les écoles de l'agglomération grenobloise pour leur aide dans le recrutement des participants.
Ce projet a été financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre du programme Marie-Sklodowska-Curie (convention de subvention n° 860755).

Références bibliographiques

Aparicio, M., Peigneux, P., Charlier, B., Neyrat, C., & Leybaert, J. (2012). Early experience of Cued Speech enhances speechreading performance in deaf. Scandinavian Journal of Psychology, 53(1), 41–46. https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2011.00919.x
Binos, P., Nirgianaki, E., & Psillas, G. (2021). How Effective Is Auditory-Verbal Therapy (AVT) for Building Language Development of Children with Cochlear Implants? A Systematic Review. Life (Basel, Switzerland), 11(3), 239. https://doi.org/10.3390/life11030239
Charlier, B., & 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
Ching, T. Y. C., Dillon, H., Marnane, V., Hou, S., Day, J., Seeto, M., Crowe, K., Street, L., Thomson, J., Buynder, P. V., Zhang, V., Wong, A., Burns, L., Flynn, C., Cupples, L., Cowan, R. S. C., Leigh, G., Sjahalam-King, J., & Yeh, A. (2013). Outcomes of early- and late-identified children at 3 years of age: Findings from a prospective population-based study. Ear and Hearing, 34(5), 535–552. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182857718
CISIC. (2021). Enquête « Le parcours de l'enfant implanté cochléaire »: Des résultats riches en informations.
Colin, S., Ecalle, J., Truy, E., Lina-Granade, G., & Magnan, A. (2017a). 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., Ecalle, J., Truy, E., Lina-Granade, G., & Magnan, A. (2017b). 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
Cornett, R. O. (1967). CUED SPEECH. American Annals of the Deaf, 112(1), Article 1.
Daubney, L., Thirion, X., & Comte, F. (2013). Le dépistage auditif néonatal systématique en maternité: Analyse d'une controverse. La Revue Sage-Femme, 12. https://doi.org/10.1016/j.sagf.2013.08.005
Descourtieux, C. (2006). 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 (pp. 267–269). Mardaga. https://www.cairn.info/competences-cognitives-linguistiques-et-sociales-d--9782870099339-p-267.htm
Dettman, S. (2010). Dettman, S.J., & Dowell, R.C. (2010). Language acquisition and critical periods for children using cochlear implants. In M. Marschark & P.E.Spencer (Eds.), Oxford Handbook of Deaf Studies, Language and Education - Volume 2. (pp. 331-342). New York: Oxford University Press. (pp. 331–342).
Dettman, S. J., Pinder, D., Briggs, R. J. S., Dowell, R. C., & Leigh, J. R. (2007). Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: Risks versus benefits. Ear and Hearing, 28(2 Suppl), 11S-18S. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31803153f8
Dettman, S., Wall, E., Sharpe, G., Dornan, D., Dowell, R., & Galvin, K. (2013). Communication Outcomes for Groups of Children Using Cochlear Implants Enrolled in Auditory-Verbal, Aural-Oral, and Bilingual-Bicultural Early Intervention Programs. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology - INT J PED OTORHINOLARYNGOL, 75, 34–34. https://doi.org/10.1016/S0165-5876(11)70177-X
Dillon, C., Pisoni, D. B., Cleary, M., & Carter, A. K. (2004). Nonword Imitation by Children With Cochlear Implants: Consonant Analyses. Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery, 130(5), 587–591. https://doi.org/10.1001/archotol.130.5.587
Fagniart, S., Charlier, B., Delvaux, V., Huberlant, A., Huet, K., Piccaluga, M., Watterman, I., & Harmegnies, B. (2020). Perception et production du trait de nasalité vocalique chez l'enfant porteur d'implants cochléaires. 217. https://hal.science/hal-02798539
Fitzpatrick, E., & Doucet, S. P. (2012). Apprendre à écouter et à parler ; la déficience auditive chez l'enfant—Elizabeth M. Fitzpatrick, Suzanne P. Doucet—Pu D'ottawa—Grand format—Le Hall du Livre NANCY. Les Presses de l'Université d'Ottawa. https://halldulivre.com/livre/9782760307841-apprendre-a-ecouter-et-a-parler-la-deficience-auditive-chez-l-enfant-elizabeth-m-fitzpatrick-suzanne-p-doucet/
Forli, F., Arslan, E., Bellelli, S., Burdo, S., Mancini, P., Martini, A., Miccoli, M., Quaranta, N., & Berrettini, S. (2011). Systematic review of the literature on the clinical effectiveness of the cochlear implant procedure in paediatric patients. Acta Otorhinolaryngologica Italica, 31(5), 281–298.
Hall, M. L., Hall, W. C., & Caselli, N. K. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. First Language, 39(4), 367–395. https://doi.org/10.1177/0142723719834102
Hansson, K., Ibertsson, T., Asker-Árnason, L., & Sahlén, B. (2018). Language impairment in children with CI: An investigation of Swedish. Lingua, 213, 63–77. https://doi.org/10.1016/j.lingua.2018.07.001
HAS. (2009). Surdité de l'enfant: Accompagnement des familles et suivi de l'enfant de 0 à 6 ans, hors accompagnement scolaire. Saint-Denis La Plaine.

Hayes, H., Kessler, B., & Treiman, R. (2011). Spelling of Deaf Children Who Use Cochlear Implants. Scientific Studies of Reading, 15(6), 522–540. https://doi.org/10.1080/10888438.2010.528480
Hedlund, G., & Rose, Y. (2019). Phon 3.0 [Computer Software]. The TalkBank System: Phon Project. Available Online at: Https://Phon. ca (Accessed April 23, 2021).
Jacquier-Roux, M., Valdois, S., Zorman, M., Lequette, C., & Pouget, G. (2005). Outil de DÉpistage des DYSlexies—ODEDYS (Version 2) [Computer software].
Kaipa, R., & Danser, M. L. (2016). Efficacy of auditory-verbal therapy in children with hearing impairment: A systematic review from 1993 to 2015. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 86, 124–134. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.04.033
Khomsi, A. (2001). ELO: Évaluation du langage oral manuel (1–1). ECPA, les Éd. du Centre de psychologie appliquée.
Kim, J., & Chin, S. (2008). Fortition and lenition patterns in the acquisition of obstruents by children with cochlear implants. Clinical Linguistics & Phonetics, 22, 233–251. https://doi.org/10.1080/02699200701869925
Kos, M.-I., Deriaz, M., Guyot, J.-P., & Pelizzone, M. (2009). What can be expected from a late cochlear implantation? International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 73(2), 189–193. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2008.10.009
LeFevre, J.-A., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to Mathematics: Longitudinal Predictors of Performance. Child Development, 81(6), 1753–1767. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x
Leybaert, J., Aparicio, M., & Alegria, J. (2012). The Role of Cued Speech in Language Development of Deaf Children. The Oxford Handbook of Deaf Studies, Language, and Education: Second Edition, 1. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199750986.013.0020
Leybaert, J., & LaSasso, C. J. (2010). Cued Speech for Enhancing Speech Perception and First Language Development of Children With Cochlear Implants. Trends in Amplification, 14(2), 96–112. https://doi.org/10.1177/1084713810375567
Ling, D., & Clarke, B. R. (1975). Cued Speech: An Evaluative Study. American Annals of the Deaf, 120(5), 480–488.
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. Université Grenoble Alpes.
Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H., Meloni, G., & Puissant, C. (2020). Production de parole chez l'enfant porteur d'implants cochléaires: Apport de la Langue française Parlée Complétée (Speech production in children with cochlear implant(s): contribution of Cued French). Actes de la 6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 33e édition), Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN, 27e édition), Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RÉCITAL, 22e édition). Volume 1 : Journées d'Études sur la Parole, 388–396. https://aclanthology.org/2020.jeptalnrecital-jep.44
Mcgurk, H., & Macdonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. Nature, 264(5588), Article 5588. https://doi.org/10.1038/264746a0
Meloni, G., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2017). EULALIES, The France-Québec Speech Sound Disorders project. 14th International Congress for the Study of Child Language (IASCL), Lyon, France.
Miyamoto, R. T., Hay-McCutcheon, M. J., Kirk, K. I., Houston, D. M., & Bergeson-Dana, T. (2008). Language skills of profoundly deaf children who received cochlear implants under 12 months of age: A preliminary study. Acta Oto-Laryngologica, 128(4), 373–377. https://doi.org/10.1080/00016480701785012
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
Nicholas, J. G., & Geers, A. E. (2006). Effects of early auditory experience on the spoken language of deaf children at 3 years of age. Ear and Hearing, 27(3), 286–298. https://doi.org/10.1097/01.aud.0000215973.76912.c6
Nicholls, G. H., & Ling, D. (1982). Cued Speech and the reception of spoken language. Journal of Speech and Hearing Research, 25(2), 262–269. https://doi.org/10.1044/jshr.2502.262
Niparko, J. K., Tobey, E. A., Thal, D. J., Eisenberg, L. S., Wang, N.-Y., Quittner, A. L., & Fink, N. E. (2010). Spoken Language Development in Children Following Cochlear Implantation. JAMA : The Journal of the American Medical Association, 303(15), 1498–1506. https://doi.org/10.1001/jama.2010.451
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: JSLHR, 61(10), 2561–2577. https://doi.org/10.1044/2018_JSLHR-H-18-0047
Percy-Smith, L., Tønning, T. L., Josvassen, J. L., Mikkelsen, J. H., Nissen, L., Dieleman, E., Hallstrøm, M., & Cayé-Thomasen, P. (2018). Auditory verbal habilitation is associated with improved outcome

for children with cochlear implant. Cochlear Implants International, 19(1), 38–45. https://doi.org/10.1080/14670100.2017.1389020
Périer, O.; Charlier, B.; Hage, C.; Alegría, J. Evaluation of the Effects of Prolonged Cued Speech Practice Upon the Reception ofSpoken Language 1. Cued Speech J. 1988, 1, 616–625
Pollack, D. (1970). Educational audiology for the limited hearing infant. Springfield, IL : Charles C. Thomas.
Shull, T., & Crain, K. (2010). Fundamental principles of Cued Speech and cued language. In LaSasso, K. Crain, & J. Ley- baert (Eds.), Cued Speech and cued language for deaf and hard of hearing children (CA: Plural, pp. 27–52).
Sturm, J. J., Kuhlmey, M., Alexiades, G., Hoffman, R., & Kim, A. H. (2021). Comparison of Speech Performance in Bimodal versus Bilateral Cochlear Implant Users. The Laryngoscope, 131(4), E1322–E1327. https://doi.org/10.1002/lary.29062
Sumby, W. H., & Pollack, I. (1954). Visual Contribution to Speech Intelligibility in Noise. The Journal of the Acoustical Society of America, 26(2), 212–215. https://doi.org/10.1121/1.1907309
Sundarrajan, M., Tobey, E. A., Nicholas, J., & Geers, A. E. (2019). Assessing consonant production in children with cochlear implants. Journal of Communication Disorders, 84, 105966. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2019.105966
Sundström, S., Löfkvist, U., Lyxell, B., & Samuelsson, C. (2018). Prosodic and segmental aspects of nonword repetition in 4- to 6-year-old children who are deaf and hard of hearing compared to controls with normal hearing. Clinical Linguistics & Phonetics, 32(10), 950–971. https://doi.org/10.1080/02699206.2018.1469671
Svirsky, M. A., Robbins, A. M., Kirk, K. I., Pisoni, D. B., & Miyamoto, R. T. (2000). Language development in profoundly deaf children with cochlear implants. Psychological Science, 11(2), 153–158. https://doi.org/10.1111/1467-9280.00231
Uchanski, R. M., Delhorne, L. A., Dix, A. K., Braida, L. D., Reed, C. M., & Durlach, N. I. (1994). Automatic speech recognition to aid the hearing impaired: Prospects for the automatic generation of cued speech. Journal of Rehabilitation Research and Development, 31(1), 20–41.
Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (in prep). Outils d'aide à la communication en langue française chez les enfants sourds : enquêtes sur les usages familiaux et professionnels.
Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2021). Les outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds en France: Étude exploratoire. Séminaire AFCP – Phonétique Clinique, Toulouse.
Van Bogaert, L., Machart, L., Gerber, S., Lœvenbruck, H., Vilain, A., Consortium EULALIES, Costa, M., Gillet-Perret, E., MacLeod, A. A. N., Meloni, G., Puissant, C., & Rose, Y. (2023). Speech rehabilitation in children with cochlear implants using a multisensory (French Cued Speech) or a hearing-focused (Auditory Verbal Therapy) approach. Frontiers in Human Neuroscience, 17. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2023.1152516
Yanbay, E., Hickson, L., Scarinci, N., Constantinescu, G., & Dettman, S. J. (2014). Language outcomes for children with cochlear implants enrolled in different communication programs. Cochlear Implants International, 15(3), 121–135. https://doi.org/10.1179/1754762813Y.0000000062

5. Article 4. Nonword repetition in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches

Ainsi, les études 2 et 3 de cette thèse ont montré des bénéfices de l'AVT et de la LfPC sur la perception de parole (mesurée avec une tâche de détection d'altérations phonologiques) et sur la production de parole (mesurée avec une tâche de dénomination d'images). La quatrième étude a pour objectif de mesurer ces deux composantes de la parole en utilisant une tâche de répétition de pseudo-mots, réputée plus complexe. Les bénéfices de l'AVT et de la LfPC sur cette tâche ont été mesurés en analysant les erreurs de production phonémiques.

Cette étude, présentée sous la forme d'un article, a été publiée le 10 août 2023 dans le cadre du congrès « International Congress of Phonetic Sciences » (ICPhS 2023).

Van Bogaert L., Machart L., Lœvenbruck H. & Vilain A. (2023). Nonword repetition in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches. In: Radek Skarnitzl & Jan Volín (Eds.), *Proceedings of the 20th International Congress of Phonetic Sciences (pp. 3947– 3951). Guarant International*.

Ces résultats ont également été présentés dans trois conférences scientifiques sous la forme d'une communication orale :

- Van Bogaert, L., Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H. & Consortium EULALIES (2023). Speech perception and production in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches. *Comm4CHILD Workshop*, Leuven, Belgique.
- Van Bogaert, L., Machart, L., Lœvenbruck, H. & Vilain, A. (2023). Nonword repetition in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches. *20th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS)*, Praha, Czech Republic.
- Van Bogaert, L., Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H. & Consortium EULALIES (2023). Apports de la Langue française Parlée Complétée et de l'Auditory Verbal Therapy sur la production de parole d'enfants porteurs d'implants cochléaires. *Rencontres Internationales d'Orthophonie UNADREO 2023,* Paris, France.

Nonword repetition in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches

Lucie Van Bogaert[1,2], Laura Machart[1,2], Hélène Lœvenbruck[1] and Anne Vilain[2]

(1) Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, 38000 Grenoble, France
(2) Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, CNRS, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France
Lucie.van-bogaert@univ-grenoble-alpes.fr

ABSTRACT

When a child is diagnosed with hearing impairment, early and appropriate intervention should be provided to avoid language deprivation and its consequences. This study investigates the contribution of two spoken language rehabilitation approaches to speech perception and production in children with cochlear implants (CI), using a nonword repetition task. Cued Speech (CS) is a multisensory communication tool, facilitating speech perception by providing access to all phonemes without ambiguity. Auditory Verbal Therapy (AVT) is a unisensory method, training auditory skills to boost speech perception. Some studies have reported that CS and AVT improve phonological skills in a picture-naming task. In this study, using a nonword repetition task, we show that the number of consonant and vowel errors is higher in children with CI than in typically hearing peers, independently of the rehabilitation method. Therefore, children with CI may have hidden speech processing difficulties that remain undetected in lexical speech tasks but can be revealed by nonword repetition.

Keywords: Nonword Repetition, Children, Cochlear Implants, Cued Speech, Auditory Verbal Therapy

1. INTRODUCTION

Hearing loss can have impacts on many aspects of language, communication and cognition. Therefore, it represents a major social issue. The developmental trajectories of deaf children are varied and different communication modalities can be adopted. Some families choose to use sign language, which is fully accessible to deaf people in terms of perception and production, while others prefer to focus on spoken language communication, especially when it is the parents' mother tongue (95% of deaf children have at least one hearing parent, cf. [1]). A large proportion of French-speaking children with profound hearing loss who receive oral education are usually fitted with a cochlear implant (CI), a widely used device which partially restores access to speech sounds. However, the perception of some acoustic features may still be altered, which results in limited phonological skills [2-4] and may impact spoken language development [5]. Other repercussions have also been found in the speech production of French-speaking children with cochlear implants, especially on voicing contrast [6], and place of articulation ([2], [4] , [6]).

To compensate for the acoustic deficits associated with cochlear implants, different spoken language rehabilitation approaches can be used.

Cued speech [7] is one of the communication tools used by professionals and parents in France. It is a multisensory approach, as manual gestures are added to audio-visual speech communication. Each phoneme of a given language is associated with a manual cue produced near the speaker's face, simultaneously with speech production. Many studies have shown that cued speech use improves speech perception in children with hearing impairment, when audiovisual speech is presented together with manual cues [8], and even visual speech perception without auditory information [9]. More importantly, longer-term effects have also been demonstrated. For children educated with cued speech, improvements in speech

perception have been observed in the visual-only, audio-visual and even audio-only (i.e. speech presented *without* simultaneous manual gestures) modalities [10-11]. Several studies also suggest that cued speech exposure supports the development of more accurate phonological representations and improves phonological awareness, which promotes phonological memory, reading and spelling skills [12-13]. More recently, using a picture-naming task, Machart et al. (2022) have shown that cued speech proficiency improves speech production in children with cochlear implants, especially with regard to voicing, nasality, manner and place of articulation [14].

On the other hand, Auditory Verbal Therapy (AVT), a hearing-focused approach, is beginning to gain acceptance in France, mainly through social networks. Indeed, a recent study [15] shows that more than half of the parents using this method in France became aware of it through social networks. AVT is a listening and spoken language early intervention program for deaf children, that focuses on the training of auditory skills. It is a family-centred coaching program where parents are encouraged to use auditory verbal strategies in everyday life in order to stimulate their child's auditory skills. Each AVT session include exercises aimed at promoting child's listening skills, and ongoing assessment are conducted during these activities to adjust the objectives and provide parents with continuous feedback on the child's improvement. Furthermore, during the sessions, four auditory exercises are usually conducted, which include sound detection, discrimination, identification, and comprehension. Although AVT is widely used and government-funded in several countries, scientific evidence on the contribution of AVT on speech and language development is still scarce. In a systematic review, Binos et al. (2021) [16] examine eight papers published in the last ten years, and they conclude that "although recent evidence from the published papers that were reviewed revealed the positive role of AVT with regard to the speech and language skills of CI children, it is still difficult to generalize", because of "lack of well-controlled studies" (absence of a control group, bias in participants' ages, etc). Some results are also contradictory, with e.g. Percy-Smith et al. 2017 [17] evidencing higher performance for children with AVT than children with "standard" Danish speech therapy, whereas Yanbay et al (2014) found no significant difference between groups of children with cochlear implants enrolled in AVT or other programs (oral communication or bimodal bilingual) [18].

The aim of the present study was to measure the influence of Cued French (French version of cued speech) and AVT on speech perception and production in children with cochlear implants, using a nonword repetition task. Indeed, nonword repetition has been shown to be an effective task to distinguish typical from atypical language development in children [19], a potential predictor of phonological, syntactic and lexical difficulties in deaf children [20], [21]. Lastly, it can also be used to evaluate the effectiveness of a communication mode [22]. Nonword repetition can be challenging as it involves many operations, including auditory perception, as well as verbal working memory, parsing of speech into phonological units and speech motor planning and programming.

2. METHODS

The data presented here are taken from a larger set of experiments designed to assess speech perception and production in children with typical development and children with speech sound disorders (the EULALIES project, [19]). Only the results of the nonword repetition task in children with cochlear implants (CI) and a group of children with typical hearing are reported here. Accuracy of consonant and vowel production was examined. The children with CI were divided into three groups, based on their modes of communication (AVT, proficient Cued French, no/little Cued French).

2.1. Procedure

This study used the nonword repetition task from the EULALIES battery, which includes all French phonemes in 16 nonwords. Each nonword consists of two to four syllables with various degrees of complexity (with or without clusters) and some nonwords include a morpheme or a lexical unit. The children sat in front of a computer screen and watched a video of a speaker producing the nonwords (sound + face of the speaker) and were asked to repeat them. The nonwords were presented as the names of cute monsters displayed on the screen. The children wore a SHURE headset microphone (Beta 54R) and a backup microphone was also placed on the table (Zoom recorder H4n Pro). Four inclusion tasks were also administered: a visual span (PathSpan, [23]), a digit span (ODEDYS, [24]), a language production task (morphosyntax task from ELO, [25]), as well as an auditory screening test for children with typical hearing, to exclude any hearing disorder (perception at 20 dB on the frequencies 250, 500, 1000, 2000, 4000 and 8000 Hz, using an Electronica 9910 audiometer). Children with typical hearing were excluded from the study if their scores were below the norm.

A fifth task was used for children with CI exposed to cued speech to measure their level of cued speech proficiency, using the TERMO test (Evaluation test for the reception of the oral message by the deaf child; [26]). The experimenter presented a list of words and sentences using Cued French gestures without phonation in order to measure the child's cue reading skills without the auditory modality. The child was asked to repeat the items vocally. Only lexical accuracy was assessed (the phonological aspect of their production was not considered). Two levels of cued speech proficiency were determined: low Cued French reading skills (CF-) and high Cued French reading skills (CF+). Children in the CF- group could at most understand a few familiar words (or none) at slow speech rate. Children in the CF+ group could understand familiar words and simple sentences at natural speech rate.

Parents or caregivers provided informed consent and filled a questionnaire on their child's language development and background (multilingualism, age of first fitting, communication tools used at home, information about the child's deafness). Data were collected anonymously, according to GDPR regulations. The study received ethical approval from the local ethics committee (CERGA-Avis-2022-23).

2.2. Participants

This study includes 119 children (63 girls and 56 boys) aged between 66 and 140 months, with 83 children with typical hearing skills (TH group) and 36 children with cochlear implants (CI group). Only monolingual children were included in this study, i.e. children who were not exposed to a language other than French on a daily basis. The CI group was divided into three subgroups, based on their modes of communication (AVT, CF+: proficient Cued French, CF-: no/little Cued French). Age characteristics are given in Table 2.5.1.

Table 2.5.1. Chronological age and age at implantation in months for the 4 groups of participants (minimum-maximum (mean; sd)) – Table 1 de l'article 4.

	N	Chronological Age	Age at implantation
CF+	6	77-132 *(101.17; 18.55)*	12-85 *(28.67; 25.53)*
CF-	21	65-139 *(95.71; 22.09)*	11-90 *(28.86; 21.13)*
AVT	9	66-114 *(81.67; 16.68)*	11- 48 *(20.11; 10.64)*
TH	83	61-131 *(84.67; 15.57)*	

The children exposed to Cued French (CF+ and CF-) were recruited during the ALPC (Association Nationale pour la Langue Parlée Complétée) cued speech summer camp or through the Grenoble University Hospital. The children from the AVT group were recruited

through the association ADEFAV (Association des Familles AVTistes) which promotes rehabilitation through hearing training. The 83 TH children (35 girls and 48 boys) belong to the large cohort of typical children of the EULALIES project [23]. All TH children were recruited from local schools.

2.3. Data processing and statistical analyses

The nonword repetition task was transcribed using a narrow phonetic transcription and processed with the PHON software [27]. All recordings were double-blindly annotated by two different transcribers without any knowledge of the child and previous transcriptions. A third transcriber then validated the transcriptions (in case of discrepancy, a consensus was reached), syllabified the items and aligned the production with the target. The number of errors per nonword was extracted with PHON (total number of substitutions, deletions and epenthesis).
Statistical analysis and graphical representations were done using the R software [28]. Generalized Linear Mixed-Effects models with Poisson regression (glmer function) were used to analyze the number of errors on consonant and vowel production separately, in the four groups of children. A backward stepwise variable selection by model comparison was applied to identify the best-fitting model (anova function). Random-effect factors and fixed-effect factors of interest were included, with interactions. Random-effects factors were Participant and Item. Fixed-effect factors were Group (CF+, CF-, AVT and TH) and Chronological_Age (in months). Multiple comparisons were then performed with the glht function of the multcomp package in R. Factors which did not improve model fit were excluded.

3. RESULTS

3.1. Consonant errors

Figure 2.5.1 shows the mean number of consonant errors per nonword for each group (CF+, CF-, AVT, TH).

The best-fitted model for the analysis of consonant errors included *Group* and *Chronological Age*, without any interaction. Multiple comparisons showed that all groups of children with CI (i.e., CF+, CF- and AVT) have higher numbers of consonant errors per nonword than TH children (resp. $Z = 4.371$, $p < .01$; $Z = 8.307$, $p < .001$; $Z = 3.717$, $p < .001$). No difference was found between the groups of children with CI.

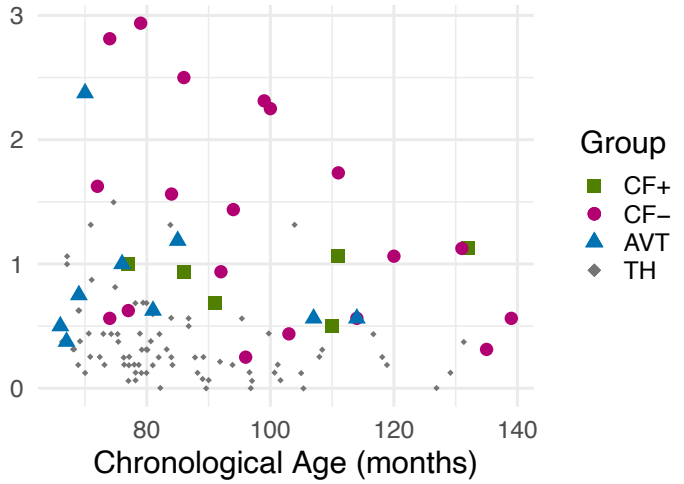


Figure 2.5.1. Mean number of consonant errors per nonword in the four groups of children, according to chronological age in months – Figure 1 de l'article 4.

3.2. Vowel errors

Figure 2.5.2 shows the number of vowel errors per nonword for each group (CF+, CF-, AVT, TH).
The results for vowel errors per nonword did not differ from those of consonant errors. Indeed, the best-fitted model also included *Group* and *Chronological Age*, without interaction. Multiple comparisons also revealed that all groups of children with CI (i.e., CF+, CF- and AVT) have higher vowel error rates than TH children (resp. $Z = 5.421$, $p < 0.01$; $Z = 8.794$, $p < 0.001$; $Z = 5.341$, $p < 0.001$).

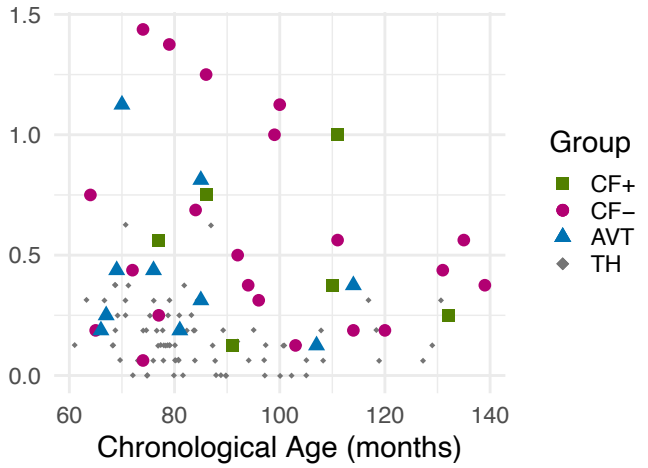


Figure 2.5.2. Mean number of vowel errors per nonword in the four groups of children, according to chronological age in months – Figure 2 de l'article 4.

4. DISCUSSION

The aim of this study was to investigate the influence of two spoken language rehabilitation approaches on the nonword repetition skills of deaf children with CI. The results show that deaf children with cochlear implants do not achieve similar nonword repetition performance to their typical hearing peers, regardless of the spoken language rehabilitation approach. A significantly higher number of consonant and vowel production errors was found in all groups of children with CI (i.e., CF+, CF- and AVT) compared to children with typical hearing. These results differ from those of Machart et al. (2022) on a picture-naming task, who found that children with high Cued French proficiency had similar speech production performance to typical hearing peers, contrary to children with low cued speech proficiency [14]. It seems, therefore, that high Cued French proficiency allows more accurate speech production in children with CI for familiar words but not for unknown words.
Moreover, another study was carried out to assess speech perception using a lexicality judgement task, in the same groups of participants as the present study. The results showed that children in the AVT group performed closer to the TH group than the children in the CF+ group, who in turn outperformed children in the CF- group [29].
In sum, other studies have reported benefits of auditory-verbal therapy and cued speech proficiency for picture naming skills, i.e. for the production of well-known words, as well as for lexicality judgment, i.e., for the detection of phonological distortion on well-known words. Such a positive impact was not found in the present study, involving nonword repetition.
The nonword repetition task requires different skills than word perception and production. Phonological decoding, verbal working memory as well as generating unlearnt motor plans and programs are necessary additional levels of processing. Lexical support (use of semantic information to overcome phonological decoding difficulties) cannot be used in this task which

involves unknown items. The nonword repetition task is a good way to assess these skills independently of stored lexical knowledge.

The results of the present study illustrate how some speech processing difficulties in children with hearing loss, which remain undetected when only lexical tasks are considered, can be revealed by a nonword repetition task. Identifying these difficulties is a crucial issue, as they can lead to cognitive fatigue and social insecurity. We argue that non-lexical tasks should be systematically used when evaluating the efficacy of a speech therapy method.

The nonwords used in this task included all French phonemes and consisted of sequences with various length, and syllable complexity. The specific features that hamper the performance of children with hearing impairment in this task will need to be further explored. These will be confronted with data from the word production and word perception tasks, in order to weigh the relative role of perceptual/motor difficulties.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Sklodowska-Curie, Grant Agreement No 860755.

5. REFERENCES

[1] R. Mitchell and M. Karchmer, "Chasing the Mythical Ten Percent: Parental Hearing Status of Deaf and Hard of Hearing Students in the United States," Sign Lang. Stud., vol. 4, pp. 138–163, Dec. 2004;

[2] S. Bouton, W. Serniclaes, P. Colé, and J. Bertoncini, "Categorical perception of speech sounds in French-speaking children with cochlear implant," Jan. 2012.

[3] S. Colin, J. Ecalle, E. Truy, G. Lina-Granade, and A. Magnan, "Effect of age at cochlear implantation and at exposure to Cued Speech on literacy skills in deaf children," Res. Dev. Disabil., vol. 71, pp. 61–69, Dec. 2017;

[4] J. Leybaert, C. Bayard, C. Colin, and C. LaSasso, "Cued speech and cochlear implants: A powerful combination for natural spoken language acquisition and the development of reading," Oxf. Handb. Deaf Stud. Lang., pp. 359–376, 2016.

[5] V. L. Hanson and C. A. Fowler, "Phonological coding in word reading: Evidence from hearing and deaf readers," Mem. Cognit., vol. 15, no. 3, pp. 199–207, May 1987.

[6] B. Grandon, "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, 2016. Accessed: Dec. 13, 2022.

[7] R. O. Cornett, "CUED SPEECH," Am. Ann. Deaf, vol. 112, no. 1, pp. 3–13, 1967.

[8] O. Perrier, B. Charlier, C. Hage, and J. Alegria, "Evaluation of the Effects of Prolonged Cued Speech Practice Upon the Reception of Spoken Language1," Jan. 1990, Accessed: Nov. 29, 2022.

[9] G. H. Nicholls and D. Ling, "Cued Speech and the reception of spoken language," J. Speech Hear. Res., vol. 25, no. 2, pp. 262–269, Jun. 1982.

[10] M. Aparicio, P. Peigneux, B. Charlier, C. Neyrat, and J. Leybaert, "Early experience of Cued Speech enhances speechreading performance in deaf," Scand. J. Psychol., vol. 53, no. 1, pp. 41–46, 2012.

[11] M.-I. Kos, M. Deriaz, J.-P. Guyot, and M. Pelizzone, "What can be expected from a late cochlear implantation?," Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol., vol. 73, no. 2, pp. 189–193, Feb. 2009.

[12] B. J. Trezek, "Cued Speech and the Development of Reading in English: Examining the Evidence," J. Deaf Stud. Deaf Educ., vol. 22, no. 4, pp. 349–364, Oct. 2017.

[13] B. Charlier and J. Leybaert, "The rhyming skills of deaf children educated with phonetically augmented speechreading," Q. J. Exp. Psychol. Sect. A, vol. 53, no. 2, pp. 349–375, May 2000.

[14] L. Machart, "Production de parole chez l'enfant sourd : bénéfices de l'exposition à la Langue française Parlée Complétée associée à l'implantation cochléaire," Université Grenoble Alpes, 2022.

[15] L. Van Bogaert, H. Lœvenbruck, and A. Vilain, "Les outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds en France: étude exploratoire," presented at the Séminaire AFCP – Phonétique Clinique, Toulouse, Toulouse, 2021.

[16] P. Binos, E. Nirgianaki, and G. Psillas, "How Effective Is Auditory-Verbal Therapy (AVT) for Building Language Development of Children with Cochlear Implants? A Systematic Review," Life Basel Switz., vol. 11, no. 3, p. 239, Mar. 2021.

[17] L. Percy-Smith et al., "Auditory verbal habilitation is associated with improved outcome for children with cochlear implant," Cochlear Implants Int., vol. 19, no. 1, pp. 38–45, Jan. 2018.

[18] E. Yanbay, L. Hickson, N. Scarinci, G. Constantinescu, and S. J. Dettman, "Language outcomes for children with cochlear implants enrolled in different communication programs," Cochlear Implants Int., vol. 15, no. 3, pp. 121–135, May 2014.

[19] G. Meloni, H. Lœvenbruck, and A. Vilain, "EULALIES, The France-Québec Speech Sound Disorders project," presented at the 14th International Congress for the Study of Child Language (IASCL), Lyon, France, Lyon, France, 2017.

[20] S. Nittrouer, M. Muir, K. Tietgens, A. C. Moberly, and J. H. Lowenstein, "Development of Phonological, Lexical, and Syntactic Abilities in Children With Cochlear Implants Across the Elementary Grades," J. Speech Lang. Hear. Res., vol. 61, no. 10, pp. 2561–2577, Oct. 2018.

[21] S. Sundström, U. Löfkvist, B. Lyxell, and C. Samuelsson, "Prosodic and segmental aspects of nonword repetition in 4- to 6-year-old children who are deaf and hard of hearing compared to controls with normal hearing," Clin. Linguist. Phon., vol. 32, no. 10, pp. 950–971, Oct. 2018.

[22] C. Dillon and D. Pisoni, “Non word Repetition and Reading Skills in Children Who Are Deaf and Have Cochlear Implants,” Volta Rev., vol. 106, pp. 121–145, Sep. 2006.
[23] J.-A. LeFevre et al., “Pathways to Mathematics: Longitudinal Predictors of Performance,” Child Dev., vol. 81, no. 6, pp. 1753–1767, 2010.
[24] M. Jacquier-Roux, S. Valdois, M. Zorman, C. Lequette, and G. Pouget, “Outil de DÉpistage des DYSlexies - ODEDYS.” 2005.
[25] A. Khomsi, ELO : évaluation du langage oral manuel, 1 vols. Paris: ECPA, les Éd. du Centre de psychologie appliquée, 2001.
[26] C. Descourtieux, “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, Wavre: Mardaga, 2006, pp. 267–269. Accessed: Aug. 10, 2022.
[27] G. Hedlund and Y. Rose, “Phon 3.0 [Computer Software],” TalkBank Syst. Phon Proj. Available Online Httpsphon Ca Accessed April 23 2021, 2019.
[28] R. C. Team, “R: A language and environment for statistical computing,” 2013.
[29] L. Van Bogaert, L. Machart, S. Gerber, H. Lœvenbruck, and A. Vilain, “Contributions of French Cued Speech and Auditory Verbal Therapy on speech perception in deaf children with cochlear implants,” in prep.

6. Article 5. Mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires utilisant différentes approches de rééducation langagière

Les différentes tâches de production et de perception de parole utilisées dans les précédentes études font intervenir des compétences en mémoire de travail. En effet, une erreur dans la répétition de pseudo-mots (étude 4) peut être attribuée soit à un déficit dans la planification des gestes articulatoires, soit à des difficultés d'encodage phonologique, ou encore à des difficultés de mémorisation de la séquence syllabique à reproduire. De même, la tâche de détection d'altérations phonologiques (étude 2) implique l'utilisation de processus mnésiques à court terme soutenant la réalisation de cette tâche. Ainsi, une description plus approfondie des compétences en mémoire de travail chez les enfants sourds s'avère essentielle pour décrire de manière plus précise leurs compétences phonologiques.

Cette étude est présentée sous la forme d'un article et sera soumise dans la Revue de Neuropsychologie.

Van Bogaert, L., Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H. & Consortium EULALIES (in prep). Mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires utilisant différentes approches de rééducation langagière. *Revue de Neuropsychologie*.

Mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires utilisant différentes approches de rééducation langagière

Lucie Van Bogaert[1,2]*, Laura Machart[1,2], Silvain Gerber[2], Anne Vilain[2†], Hélène Lœvenbruck[1†] et Consortium EULALIES

[1] Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, 38000 Grenoble, France
[2] Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, CNRS, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France

* Correspondance:
CNRS UMR 5105 - Université Grenoble Alpes
BSHM - 1251 Avenue des universités
38058 Grenoble Cedex 9 - France
0624849334
Lucie.van-bogaert@univ-grenoble-alpes.fr

Résumé

Il a été avancé que la surdité peut affecter le développement du langage et de la mémoire de travail. Cette étude examine les impacts sur la mémoire de travail de deux approches de rééducation langagière adaptées à l'enfant sourd porteur d'implant cochléaire (IC) : l'Auditory Verbal Therapy (AVT) et la Langue française Parlée Complétée (LfPC). Elle inclut des enfants de 5 à 11 ans : 56 enfants normo-entendants (NE), 10 enfants avec IC ayant bénéficié de l'AVT, 8 enfants avec IC ayant un niveau élevé de décodage de la LfPC et 19 enfants avec IC ayant un faible niveau et montrant ainsi un moindre investissement dans la LfPC. La mémoire de travail a été évaluée par des tâches d'empan de chiffres à l'endroit et d'empan visuo-spatial. Les résultats ne répliquent pas certaines études montrant des déficits de mémoire de travail et suggèrent au contraire que les enfants sourds avec IC ont des performances en mémoires de travail verbale et visuo-spatiale similaires à celles des enfants NE, quelle que soient l'approche rééducative et l'investissement de l'enfant. Pour mieux décrire les bénéfices de la LfPC et de l'AVT sur la mémoire de travail, des recherches incluant des tâches plus sensibles semblent nécessaires.

Abstract

It has been suggested that hearing loss can affect the development of language and working memory. This study examines the impact on working memory of two language rehabilitation approaches adapted to deaf children with cochlear implant (CI): Auditory Verbal Therapy (AVT), which enhances auditory skills, and French Cued Speech (CS), a visual-manual tool that complements lip-reading with the addition of manual gestures. The study includes children aged 5 to 11: 56 typically-hearing children, 10 children with cochlear implants who

participated in an AVT program, 8 children with cochlear implants with a high level of Cued Speech proficiency, and 19 children with cochlear implants with a low level of Cued Speech proficiency, who thus showed less investment in CS. Working memory skills were assessed using the forward digit span task and the visuo-spatial span task. The results do not replicate previous studies revealing working memory deficits and, on the contrary, suggest that deaf children with cochlear implants achieve verbal and visuo-spatial working memory performance similar to those of typically-hearing children, regardless of the rehabilitation approach and the child's investment. To better describe the benefits of exposure to Cued Speech and AVT on working memory skills in deaf children using a CI, further research incorporating a broader range of working memory tasks is necessary.

1. Introduction

1.1 Surdité de l'enfant et compétences phonologiques

La surdité peut avoir des répercussions sur le développement langagier et cognitif de l'enfant et il est recommandé de soutenir et de renforcer précocement le développement de la communication (Leybaert et Borel, 2020). Les parents sont amenés à choisir entre un mode de communication en langue vocale, en langue signée ou une combinaison des deux. On estime que 95% des enfants sourds naissent dans des milieux entendants (Hall et al. 2019) et que la plupart des parents entendants optent pour un mode de communication en langue vocale avec leur enfant (CISIC, 2020). Dans ce contexte, pour les enfants présentant une surdité de perception sévère ou profonde, l'implant cochléaire peut être une option pour soutenir le développement de la langue vocale et des compétences cognitives. C'est un dispositif électro-acoustique qui permet à l'enfant sourd de mieux percevoir certains sons de parole. Cependant, les informations auditives transmises par l'implant ne sont pas parfaites et des difficultés langagières (en compréhension comme en production) peuvent persister (Leybaert et Lasasso 2010). Il peut subsister notamment des difficultés phonologiques, dans la production ou la perception de mots (Van Bogaert et al. 2023a) ou de pseudo-mots (Van Bogaert et al. 2023b). Par ailleurs, les performances phonologiques sont très hétérogènes, principalement en raison de l'influence de nombreuses variables et il demeure difficile de déterminer la source de cette variabilité. Une des difficultés observées dans l'évaluation des compétences phonologiques des enfants sourds réside dans la multiplicité des processus linguistiques et cognitifs impliqués. Les tâches classiquement utilisées pour évaluer la capacité des enfants à produire des sons dans des contextes articulatoires et syllabiques variés requièrent souvent la rétention de matériel verbal en mémoire de travail. Par exemple, la répétition de pseudo-mots, qui vise

à ne pas s'appuyer sur le stock lexical de l'enfant, nécessite, simultanément, la production de parole et le maintien en mémoire à court terme des stimuli phonémiques ou syllabiques (Meloni, 2022). Une erreur de production de pseudo-mot plurisyllabique peut ainsi s'expliquer soit par un déficit dans l'opération de planification des gestes laryngés et supralaryngés à produire, soit par un défaut de mémorisation de la séquence de syllabes à produire. De même, les tâches qui visent à évaluer la perception de certains contrastes phonologiques au sein de mots ou de phrases (telles que les tâches de détection d'altérations phonologiques, cf. Meloni, 2022) ont elles-mêmes recours à des processus mnésiques à court terme, soutenant la tâche en cours. Ainsi, une meilleure description des compétences en mémoire de travail des enfants sourds s'avère nécessaire afin de mesurer plus précisément les compétences phonologiques des enfants sourds.

1.2 Mémoire de travail chez l'enfant

La mémoire de travail à court terme est définie comme un système cognitif de capacité limitée permettant de maintenir temporairement des informations en mémoire et de les manipuler mentalement dans le but d'atteindre un objectif particulier (Baddeley, 2000). Selon le modèle influent de Baddeley (2000), elle inclut un système de contrôle attentionnel (l'administrateur central) et deux sous-composantes de l'administrateur central : une pour le traitement des informations verbales et une autre pour le traitement des informations visuo-spatiales. La sous-composante verbale, ou boucle phonologique, contient un stock phonologique, de capacité limitée, qui permet de stocker temporairement les informations verbales, et un processus actif de répétition articulatoire subvocale, qui permet de rafraichir les informations dans le stock phonologique pour limiter leur dégradation avec le temps. La sous-composante visuelle contient un calepin visuo-spatial qui stocke momentanément les informations visuelles et spatiales et qui se décompose en un cache visuel spécialisé dans les configurations visuelles (formes et couleurs) et un scribe interne pour la mémorisation de mouvements spatiaux (localisation et vitesse des objets). Dans les dernières versions du modèle (Baddeley & Hitch, 2019), en plus de ces trois composantes, la mémoire de travail contient un *buffer* épisodique, qui est un système de stockage temporaire à capacité limitée intégrant des informations multidimensionnelles et servant d'interface entre les systèmes visuo-spatial et verbal.

Un autre modèle théorique important de la mémoire de travail est celui du partage temporel des ressources (Time-Based Resource-Sharing model, TBRS). Selon ce modèle, la mémoire de travail utilise une ressource principale : l'attention. Le TBRS suppose que des mécanismes de rafraichissement de l'attention permettent de maintenir l'information à court terme.

L’attention représente donc la ressource partagée au cours du temps entre le traitement et le maintien de l'information (Barrouillet, Bernardin, & Camos, 2004).

Pour évaluer la mémoire de travail chez les enfants, on utilise généralement des tâches de répétition verbale de séquences de chiffres ou de mots présentés oralement et des tâches de reproduction de séquences spatiales, consistant à pointer vers les emplacements successifs d’objets (des cubes) présentés visuellement. Ces tâches permettent d’avoir une première estimation des capacités mnésiques à court terme.

Les liens corrélationnels entre la mémoire de travail et le développement de la parole sont bien établis (Schwering & MacDonald, 2020). Il a été montré que la mémoire de travail est essentielle pour suivre des instructions, planifier des actions et structurer des tâches, ce qui suggère qu’elle peut également jouer un rôle lorsqu’un enfant réalise une tâche visant à évaluer ses compétences langagières (Kofler et al. 2018). Il semble par ailleurs qu’il y ait des spécificités associées à chacune des composantes, verbale et visuo-spatiale. De nombreuses études ont montré que la mémoire de travail verbale est une compétence importante dans le développement des capacités d’apprentissage langagier chez l’enfant (Leclercq & Majerus, 2010) et dans le développement phonologique (Torrington Eaton & Ratner, 2016), tandis que la mémoire de travail visuo-spatiale semble jouer un rôle plus spécifique dans les capacités d’apprentissage en mathématiques (De Smedt et al., 2009).

1.3 Compétences en mémoire de travail chez les enfants sourds

Des liens étroits entre le développement du langage oral et de la mémoire de travail verbale ont également été retrouvés chez les enfants sourds porteurs d’implants cochléaires (IC). L’étude de Pisoni & Geers (2000) suggère en effet que le traitement du langage oral (en production et en perception) et la mémoire de travail verbale sont des compétences étroitement liées qui partagent des ressources communes liées à l’encodage phonologique et aux processus de répétition mentale. Cela suggère que les effets de la surdité sur le développement du langage pourraient ainsi s’étendre jusqu’à impacter les compétences des enfants en mémoire de travail verbale. En effet, des études ont montré que les enfants sourds porteurs d’IC présentent des performances inférieures en mémoire de travail verbale par rapport aux enfants entendants, ce qui peut être liés à des représentations phonologiques sous-spécifiques en raison de la dégradation des informations auditives (Pisoni, 2000; Lyxell et al., 2008; Nittrouer et al., 2017; Pisoni et al., 2011). Les études concernant la mémoire de travail visuo-spatiale chez les enfants sourds porteurs d’implants cochléaires sont controversées.

Certaines études rapportent des performances inférieures (Cleary et al., 2001), tandis que d'autres ne trouvent pas de différences significatives par rapport aux enfants entendants (Lyxell et al., 2008). En revanche, une récente étude chez les adultes suggère que les personnes sourdes (signantes et oralistes) obtiennent de meilleurs résultats en mémoire de travail visuo-spatiale par rapport aux personnes normo-entendantes (Heled & Ohayon, 2021). Ces meilleures performances visuo-spatiales pourraient être dues à de meilleures capacités d'attention visuelle, liées à une compensation inter-sensorielle ou un investissement plus important dans la modalité visuelle.

1.4 Influence du mode de communication sur la mémoire de travail chez l'enfant sourd

Au vu des difficultés en perception et production de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires, il est recommandé de soutenir le développement de la langue orale de l'enfant sourd. Dans cette étude, nous nous intéressons à deux outils et méthodes de soutien : la Langue française Parlée Complétée (LfPC) et l'Auditory Verbal Therapy (AVT). La LfPC est un outil de communication visuo-manuel qui permet aux enfants sourds de mieux percevoir les différents phonèmes (Cornett, 1967). Ce système utilise des gestes manuels synchronisés avec la parole pour rendre visibles tous les contrastes phonologiques de la langue vocale, réduisant ainsi l'ambiguïté de la lecture labiale. L'AVT est une approche centrée sur la famille et sur le renforcement des compétences auditives (Pollack, 1970). Les parents sont encouragés à participer activement aux séances et à intégrer des stratégies auditives et verbales dans la vie quotidienne de leur enfant pour stimuler ses compétences auditives et linguistiques. L'AVT repose sur trois piliers : l'audition comme modalité sensorielle principale, le jeu fonctionnel et le *coaching* parental (Fitzpatrick & Doucet, 2012).

Le mode de communication des enfants sourds peut avoir une influence sur les compétences en mémoire de travail verbale. En effet, les enfants sourds qui utilisent une approche auditive et oraliste semblent avoir de meilleures performances que ceux qui utilisent exclusivement la langue des signes (Pisoni & Cleary, 2003). Par ailleurs, l'exposition précoce et quotidienne à la Langue française Parlée Complétée (LfPC) peut influencer positivement la mémoire de travail verbale des enfants sourds. L'étude de Charlier (1994) a comparé les compétences en mémoire de travail verbale chez trois groupes d'enfants : des enfants sourds exposés à la LfPC à la maison, des enfants sourds exposés à la LfPC à l'école, et des enfants normo-entendants. Les enfants devaient se rappeler des séries d'images représentant des mots monosyllabiques qui rimaient, des mots monosyllabiques qui ne rimaient pas et des mots plurisyllabiques qui ne rimaient pas. Les résultats ont montré que les enfants sourds exposés à

la LfPC à la maison avaient de meilleures performances que ceux y étant exposés uniquement à l'école. De plus, les enfants exposés à la LfPC à la maison et les enfants normo-entendants avaient plus de difficultés à rappeler des mots qui riment (« effet de rime ») ou des mots plus longs (« effet de longueur ») par rapport à des mots courts qui ne riment pas. Ces effets sont des indicateurs de l'utilisation d'un code de type phonologique pour le maintien de l'information, une caractéristique de la boucle phonologique, essentielle dans la mémoire de travail verbale. Ces comportements n'ont pas été observés chez les enfants exposés à la LfPC uniquement à l'école. Ainsi, cette étude montre que l'exposition à la LfPC semble influencer positivement les compétences de mémoire de travail verbale des enfants sourds et contribue au développement de la boucle phonologique. Enfin, l'utilisation à long terme de la langue des signes pourrait améliorer les performances en mémoire de travail visuo-spatiale. En effet, la pratique de la langue des signes peut influencer positivement le traitement visuel, étant donné que des études ont observé que les personnes sourdes signantes possédaient un champ visuel plus étendu que les personnes non-signantes (Stoll et al. 2018). D'autres travaux montrent un avantage de l'utilisation de la langue des signes sur les performances visuo-spatiales chez les personnes sourdes (Hall & Bavelier, 2010), suggérant que la nature visuo-spatiale de cette langue semble avoir une influence positive sur le traitement des stimuli visuo-spatiaux. Cependant, des études plus récentes ont remis en question l'hypothèse d'un avantage visuo-spatial chez les personnes qui utilisent la langue des signes (Marshall et al. 2015 ; Emmorey et al. 2017). En effet, ces études ne montrent aucune différence entre les personnes signantes (sourdes ou entendantes) et les personnes non-signantes sur les tâches d'empan visuo-spatial.

2 Objectifs et hypothèses de recherche

Dans cette étude, l'objectif est d'examiner les apports de l'AVT et de la LfPC sur le développement de la mémoire de travail. Pour ce faire, nous avons mesuré les performances en mémoire de travail verbale et visuo-spatiale de quatre groupes d'enfants : des enfants normo-entendants (groupe NE), des enfants porteurs d'implants cochléaires inscrits dans une thérapie, des enfants porteurs d'implants cochléaires avec un niveau élevé de décodage de la LfPC et des enfants porteurs d'implants cochléaires avec un faible niveau de décodage de la LfPC, faisant ainsi preuve d'un investissement moindre dans le code LfPC. Ces performances ont été mesurées en utilisant des tâches d'empan verbal et d'empan visuo-spatial, classiquement utilisées pour évaluer la mémoire de travail.

En ce qui concerne la mémoire de travail verbale, nous formulons l'hypothèse que les enfants ayant suivi une thérapie centrée sur le renforcement auditif (AVT) et ceux ayant un niveau élevé de décodage de la Langue française Parlée Complétée (LfPC+) obtiendront des performances similaires à celles des enfants normo-entendants. En effet, l'un des objectifs thérapeutiques de l'AVT est l'entrainement de la mémoire auditive des enfants sourds. Par conséquent, les enfants ayant suivi ce type de thérapie auraient potentiellement une mémoire auditive dans les normes attendues pour leur âge. Par ailleurs, l'exposition intensive et précoce à la LfPC contribue au développement des représentations phonologiques des enfants porteurs d'implants cochléaires (Leybaert & Colin, 2007), ce qui pourrait avoir un effet positif sur le développement de leurs compétences en mémoire de travail verbale. En revanche, nous émettons l'hypothèse que les enfants ayant un faible niveau de décodage de la LfPC (LfPC-) auront des performances en mémoire de travail verbale inférieures aux normes attendues pour leur âge, du fait de leur mémoire auditive peu entrainée et de leurs représentations phonologiques sous-spécifiées (Colin et al., 2017).

Concernant la mémoire de travail visuo-spatiale, nous émettons l'hypothèse que les enfants ayant un niveau élevé de décodage de la LfPC (enfants LfPC+) auront des compétences en mémoire visuo-spatiale supérieures aux normes attendues pour leur âge, du fait de leur entrainement à décoder un code visuo-spatial (labial et manuel). Par ailleurs, nous supposons que les enfants ayant un faible niveau de décodage de la LfPC (enfants LfPC-) auront, eux aussi, des performances en mémoire visuo-spatiale supérieures à celles des enfants normo-entendants. En effet, la LfPC est un outil de communication audio-visuel qui pourrait avoir un impact positif sur l'attention visuelle et sur les performances visuo-spatiales des enfants sourds. L'utilisation de la LfPC nécessite une attention soutenue à la fois sur le visage de son interlocuteur·rice et sur ses gestes manuels. Ainsi, le caractère visuel de la lecture labiale et le caractère spatial des clés manuelles pourraient être bénéfiques pour le développement de la mémoire de travail visuo-spatiale. En revanche, nous présumons que les enfants ayant bénéficié d'une AVT (enfants AVT) présenteront des performances en mémoire de travail visuo-spatiale similaires à celles des enfants normo-entendants.

3 Méthodes

3.1 Protocole expérimental

Après avoir obtenu le consentement écrit des parents et le consentement oral de l'enfant, un questionnaire de langage est rempli par les parents. Ce questionnaire vise à recueillir des

informations sur le profil de l'enfant et sur les approches de rééducation langagière éventuellement mises en place à la maison ou à l'école.

Une série de tests d'inclusion a été administrée. Pour les enfants normo-entendants, nous avons réalisé une audiométrie pour évaluer leur audition à des niveaux entre 20 et 25 dB sur les fréquences de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz et 8000 Hz. Seuls les enfants ayant une audition typique (détection des sons purs à 25 dB) ont été inclus dans l'étude. Nous avons également évalué le niveau morphosyntaxique de tous les enfants normo-entendants à l'aide de l'épreuve de production d'énoncés tirée de la batterie ELO (Evaluation du Langage Oral, Khomsi, 2001) afin de détecter d'éventuels troubles du langage oral. Ce test évalue la capacité de l'enfant à produire des structures syntaxiques et morphologiques françaises. Les enfants normo-entendants déficitaires à cette tâche (en dessous de 2 écarts-types par rapport aux normes attendues pour leur âge) ont été retirés de l'échantillon. Pour les enfants exposés à la LfPC, nous avons utilisé le TERMO (Test d'Évaluation de la Réception du Message Oral, Descourtieux, 2006) pour évaluer le niveau de décodage de la LfPC. Dans cette tâche, des mots et des phrases sont présentés à l'enfant sans le son, mais avec les images labiales et les gestes manuels correspondant à la LfPC. L'enfant doit ensuite restituer oralement ce qu'il a compris. Seule la précision lexicale est évaluée, ce qui permet de déterminer deux niveaux de décodage de la LfPC : un niveau faible (capacité à décoder seulement quelques syllabes) et un niveau élevé (capacité à décoder des mots isolés et des phrases simples). Une récente étude a montré que les compétences en décodage de la LfPC étaient influencées par la fréquence, la précocité et les lieux d'exposition à la LfPC. Par conséquent, les enfants avec une exposition quotidienne et précoce au code auront plus de chance de développer un niveau élevé de décodage de la LfPC (Van Bogaert et al. 2023a).

Dans la partie expérimentale de cette étude, dans le but d'évaluer la mémoire de travail verbale, nous avons utilisé le test « empan endroit verbal » de la batterie ODEDYS (Outil de Dépistage des DYSlexies, Jacquier-Roux et al., 2005). Dans cette tâche, l'enfant devait répéter des séquences de chiffres présentées oralement par l'expérimentateur·rice. Le nombre de chiffres à répéter augmentait au fur et à mesure que l'enfant réussissait. La tâche s'arrêtait lorsque l'enfant échouait deux fois de suite pour le même nombre de chiffres. Cette tâche permet de mesurer l'empan endroit verbal, c'est-à-dire le nombre maximum de chiffres que l'enfant peut mémoriser et répéter dans l'ordre où ils ont été présentés. Enfin, la mémoire de travail visuo-spatiale a été évaluée à partir de la tâche « empan endroit visuo-spatial » implémentée dans le logiciel PathSpan (Cubes de Corsi, version pour enfants) (LeFevre et al.,

2010). L'enfant est placé devant une tablette, où une grenouille suit un trajet en passant par différents nénuphars (illustrés par des points verts sur la tablette). L'enfant doit se souvenir du trajet suivi par la grenouille et le reproduire dans le même ordre en appuyant sur les points verts. De manière similaire à l'empan verbal, le nombre de points verts à retenir augmentait en cas de réussite de l'enfant. La tâche s'arrêtait après deux échecs consécutifs sur le même nombre de points, permettant ainsi de mesurer l'empan visuo-spatial (c'est-à-dire le plus grand nombre d'emplacements correctement rapportés dans le bon ordre).

3.2 Participants

Pour les enfants porteurs d'implant cochléaire, les critères d'inclusion étaient : (1) avoir entre 5 et 11 ans, (2) présenter une perte auditive profonde ou sévère, (3) avoir au moins un implant cochléaire, (4) être locuteur natif du français, sans exposition quotidienne à une autre langue et (5) ne pas avoir de troubles supplémentaires diagnostiqués.
Le groupe d'enfants porteurs d'implants cochléaires a été divisé en trois sous-groupes : AVT, LfPC+ et LfPC-. Le premier groupe (AVT) se compose d'enfants porteurs d'implants cochléaires ayant participé à un programme AVT pendant au moins 2 ans. Le deuxième groupe (LfPC+) est composé d'enfants porteurs d'implants cochléaires ayant un niveau élevé de décodage de la LfPC. Le troisième groupe (LfPC-) comprend des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ayant un faible niveau de décodage de la LfPC, dont on peut supposer que l'investissement dans le code est moins important que celui des enfants du groupe LfPC+. Les compétences en décodage ont été mesurées à l'aide du test TERMO (Busquet et Descourtieux, 2000). Les enfants du groupe AVT ont été recrutés grâce à l'association ADEFAV (Association des Familles AVTistes), qui est une association de parents qui a pour but promouvoir l'Auditory Verbal Therapy. Les enfants exposés à la LfPC ont été recrutés lors des stages d'étés de l'ALPC (Association Nationale pour la Langue Parlée Complétée) ou par l'intermédiaire du Centre Hospitalier Universitaire de Grenoble. Tous ont été exposés au français depuis leur naissance et sont de langue maternelle française, sans avoir été exposés quotidiennement à une autre langue. Quinze enfants ont été exposés à la Langue des Signes Française (LSF) à l'école ou à la maison, avec un niveau modéré (n = 9) ou bon (n = 6), selon leurs parents. Les autres enfants (n = 21) n'ont jamais été exposés à la LSF.

Les 56 enfants normo-entendants (groupe NE) faisaient partie de la grande cohorte d'enfants typiques du projet EULALIES (Meloni, 2020). Tous les enfants normo-entendants avaient des compétences morphosyntaxiques (évaluées avec la tâche de production de phrases de la batterie ELO, Khomsi, 2001) dans les normes attendues pour leur âge. Aucun des enfants

n'était exposé quotidiennement à une autre langue que le français. Tous les enfants normo-entendants ont été recrutés dans des écoles de la région de Grenoble.

La Table 2.6.1 regroupe les informations relatives aux enfants ayant participé à l'étude.

Table 2.6.1. Âge chronologique (mois), âge au moment de la 1ère l'implantation cochléaire (mois) et seuils auditifs avec l'implant cochléaire (dB). Moyenne (Moy.), Écart-Type (ET), Médiane et Écart Interquartile (EI) – Table 1 de l'article 5.

Groupe	N	Age chronologique (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Age 1er implant (mois) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*	Seuils auditifs (dB) Moy. (ET) ; *Médiane (EI)*
NE	56	95.41 (24.26) ; *86 (39.5)*	/	/
AVT	10	82 (16.66) ; *78.5 (15.75)*	21 (10.97) ; *17.5 (8.75)*	24.44 (3.9) ; *25 (0)*
LfPC+	8	91.87 (24.26), *88.5 (36)*	27.25 (25.98) ; *19 (11.75)*	23.12 (3.72) ; *22.5 (5)*
LfPC-	19	92.78 (20.71), *92 (30.5)*	29.36 (23.43) ; *19 (17.5)*	24.33 (4.58) ; *25 (7.5)*

3.3 Traitement des données

Deux scores de mémoire de travail ont été calculés pour chaque enfant : le score verbal (qui correspond à l'empan verbal endroit) et le score visuo-spatial (qui correspond à l'empan visuo-spatial endroit). Les analyses statistiques ont été effectuées à partir de scripts développés avec le logiciel R (R Development Core Team, 2012).

Pour analyser les compétences en mémoire de travail des quatre groupes d'enfants, nous avons d'abord mesuré la relation entre les scores de mémoire de travail (score verbal et score visuo-spatial) et l'âge chronologique (en mois) pour chaque enfant normo-entendant (NE). Nous avons ensuite construit un intervalle de prédiction à 95% pour la courbe estimée à partir des scores des enfants NE. Ensuite, nous avons situé chaque enfant sourd par rapport à cet intervalle en utilisant la fonction *predFit* du package *investr* du logiciel R. De plus, nous avons calculé l'écart entre le score de mémoire de travail de chaque enfant sourd et la moyenne de l'intervalle de prédiction des enfants du même âge, pour chaque score. Lorsque cet écart est positif, cela indique que l'enfant a un score supérieur à la moyenne prédite pour son groupe d'âge. En revanche, si l'écart est négatif, cela signifie que son score est inférieur à la moyenne prédite. Par ailleurs, pour évaluer les éventuelles différences entre les trois groupes d'enfants sourds et le groupe d'enfants NE, des tests de conformité ont été effectués à partir de la fonction *binom.test* du logiciel R. Enfin, dans le but de mesurer d'éventuelles différences à l'intérieur des trois groupes d'enfants sourds, nous avons réalisé des tests de

comparaisons multiples avec la fonction *glht* du package *multcomp.* Ces tests ont été réalisés entre les trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) sur l'écart moyen par rapport à l'intervalle de prédiction des NE.

4 Résultats

Pour commencer, nous avons d'abord examiné si les enfants des trois groupes porteurs d'implants cochléaires diffèrent significativement ou non concernant l'âge de la première implantation cochléaire. Nous avons utilisé le test non paramétrique de la somme des rangs de Wilcoxon, car la normalité de la distribution n'a pas été vérifiée. Les résultats ne montrent aucune différence entre le groupe AVT, le groupe LfPC+ et le groupe LfPC-. Cela signifie que les trois groupes d'enfants sourds ont un âge d'implantation cochléaire similaire statistiquement. De plus, nous avons effectué une régression linéaire pour déterminer si cet âge d'implantation cochléaire avait un impact significatif sur les scores de mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'IC. Les résultats de cette analyse n'ont pas mis en évidence de résultats significatifs ($p > 0.05$). Cela suggère que l'âge de l'implantation cochléaire de nos participants sourds n'a pas d'influence significative sur les résultats obtenus, et par conséquent, il n'est pas pris en compte dans les analyses statistiques ultérieures.

4.1 Score verbal

Pour analyser les performances en mémoire de travail verbale des trois groupes d'enfants porteurs d'implants cochléaires par rapport aux enfants NE, nous avons calculé, à partir des données des enfants NE, la relation entre l'âge chronologique de ces enfants et leur score verbal (ligne noire de la Figure 2.6.1a). Un intervalle de prédiction à 95% variant en fonction de l'âge a ensuite été calculé sur les données du groupe NE. Chaque enfant sourd a été situé dans l'intervalle correspondant à son âge. Seuls 3 enfants sur 19 du groupe LfPC- sont en dessous de la borne inférieure de l'intervalle de prédiction du score verbal (cf. Figure 2.6.1a). Les tests de conformité n'ont mis en évidence aucune différence significative entre les enfants LfPC+ et NE ($p > 0.05$) et les enfants AVT et NE ($p > 0.05$). Cependant, une tendance à une différence s'observe entre les enfants LfPC+ et les enfants NE ($p = 0.066$).

Le diagramme en boîtes à moustaches (box plot) de la Figure 2.6.1b représente les écarts calculés entre le score de chaque enfant sourd et la moyenne prédite par les données NE pour chaque enfant sourd. Pour comparer les trois groupes d'enfants sourds entre eux, des comparaisons multiples unilatérales ont été réalisées à partir de l'écart à la moyenne NE prédite, pour chaque groupe d'enfants sourds, en comparaison au groupe NE. Les résultats ne

montrent aucune différence entre les groupes AVT, LfPC+ et LfPC- ($p > 0.05$ pour tous les groupes). En effet, même si les moyennes des valeurs des écarts par rapport à la moyenne prédite pour les NE sont négatifs pour tous les groupes (AVT : moyenne = -0.21 ± 1.07 σ ; LfPC+ : moyenne = -0.53 ± 0.75 σ ; LfPC- : moyenne = -0.43 ± 0.98 σ), les tests de comparaisons multiples par rapport à zéro ne montrent pas de différence significative ($p > 0.05$ pour tous les groupes).

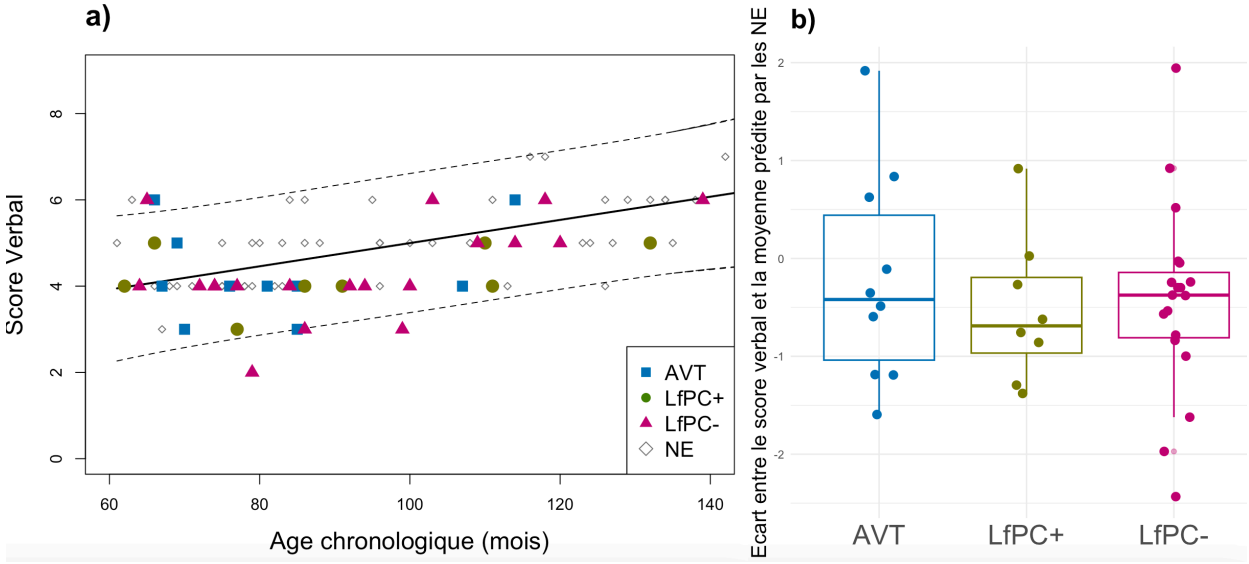


Figure 2.6.1. a) Empan verbal pour chaque enfant, intervalle de prédiction à 95% basé sur le groupe normo-entendant (NE) (ligne pointillée) et moyenne prédite par les données NE (ligne pleine) ; b) Écart par rapport à la moyenne prédite par les données des enfants NE, en fonction des trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) sur le score verbal – Figure 1 de l'article 5

4.2 Score visuo-spatial

Pour la mémoire de travail visuo-spatiale, de la même manière que le score verbal, un intervalle de prédiction à 95% de la relation entre l'âge chronologique et le score visuo-spatial pour les enfants NE a été tracé (cf. Figure 2.6.2a). Aucun enfant sourd ne se situe en dessous de la borne inférieure de cet intervalle, ce qui signifie que tous les enfants sourds ont des compétences en mémoire visuo-spatiale dans les normes attendues pour leur âge et qu'aucune différence significative n'est observée entre les enfants sourds des trois groupes et les enfants NE.

Le diagramme en boîtes à moustaches de la Figure 2.6.2b représente les écarts calculés entre le score visuo-spatial de chaque enfant sourd et la moyenne prédite par les données NE pour chaque enfant sourd. Les comparaisons multiples entre les groupes sourds à partir des écarts par rapport à la moyenne prédite pour les enfants NE de même âge n'ont mis en évidence aucune différence significative entre les groupes d'enfants sourds ($p > 0.05$ entre tous les

groupes). Cependant, il est important de noter que les p-valeurs des différences entre les enfants des groupes AVT et LfPC+ et les enfants des groupes AVT et LfPC- se rapprochent de 0.05 (respectivement, p = 0.09 et p = 0.08), avec des empans visuo-spatiaux qualitativement supérieurs pour les groupes LfPC+ et LfPC- que pour le groupe AVT. Ainsi, même si nous observons une grande hétérogénéité dans les performances, les écarts entre le score visuo-spatial et les moyennes prédites par les NE ont tendance à être plutôt positifs pour les enfants LfPC+ (moyenne = 0.61 ; écart-type = 1.19) et LfPC- (moyenne = 0.48 ; écart-type = 1.13) et plutôt négatifs pour les enfants AVT (moyenne = -0.35 ; écart-type = 0.96). Cependant, les tests de comparaisons multiples par rapport à zéro ne montrent aucune différence significative (p > 0.05 pour tous les groupes).

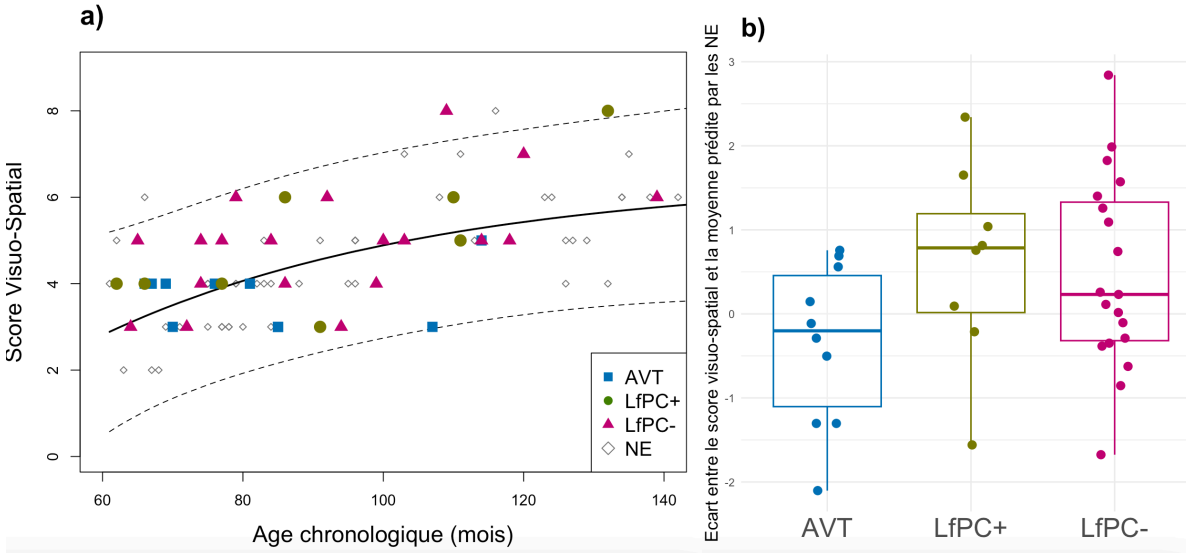


Figure 2.6.2. a) Empan visuo-spatial pour chaque enfant, intervalle de prédiction à 95% basé sur le groupe normo-entendant (NE) (ligne pointillée) et moyenne prédite par les données NE (ligne pleine) ; b) Écart par rapport à la moyenne prédite par les données des enfants NE, en fonction des trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) sur le score visuo-spatial – Figure 2 de l'article 5.

5 Discussion

Ces résultats fournissent de nouvelles données sur les compétences en mémoire de travail d'enfants sourds porteurs d'implants cochléaires (IC), bénéficiant de diverses approches de rééducation langagière. Les données ont été obtenues à partir des tâches d'empan verbal (empan endroit de chiffres) et d'empan visuo-spatial. La mémoire de travail joue un rôle important dans de nombreuses fonctions cognitives, comme la capacité à maintenir des informations verbales et visuelles à court terme pour les manipuler est cruciale pour suivre des instructions, planifier des actions, structurer des tâches. Elle est également impliquée dans

la compréhension et la production du langage. Il a ainsi été montré qu'elle joue un rôle essentiel dans de nombreux processus d'apprentissage chez l'enfant, tels que l'acquisition du langage oral, de la lecture et des compétences mathématiques (Monnier & Attout, 2021; Pisoni & Geers, 2000). Dans cette étude, les enfants porteurs d'implants cochléaires ont été répartis en trois groupes : les enfants avec un niveau élevé de décodage de la LfPC (groupe LfPC+), les enfants avec un faible niveau de décodage de la LfPC (groupe LfPC-) et les enfants ayant participé à une thérapie AVT (groupe AVT).

En ce qui concerne la composante verbale de la mémoire de travail, les résultats montrent que les enfants porteurs d'implants cochléaires ont des performances similaires à celle des enfants normo-entendants, à l'exception des enfants LfPC- pour lesquels une tendance à une différence (score plus faible) avec le groupe normo-entendants a été mise en évidence. Toutefois, une analyse entre les groupes d'enfants sourds porteurs d'implants cochléaires (LfPC+, LfPC- et AVT) n'a montré aucune différence entre ces enfants. Ces résultats ne répliquent pas d'autres travaux qui montrent que les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ont des empans verbaux plus faibles que ceux des enfants normo-entendants (Pisoni, 2000 ; Pisoni et al., 2011; Pisoni & Cleary, 2003).

Il est important de noter qu'aucune différence entre les enfants LfPC+ et LfPC- n'a été observée sur l'empan verbal de chiffres, ce qui n'est pas en accord avec nos hypothèses initiales, ni avec la littérature scientifique. En effet, l'étude de Charlier (1994) a montré des bénéfices liés à l'exposition intensive à la LfPC, avec de meilleures performances en mémoire de travail verbale chez les enfants exposés à la LfPC à la maison par rapport aux enfants exposés à ce code uniquement à l'école. Dans la présente étude, il est possible que la tâche d'empan verbal endroit à partir de chiffres ne soit pas suffisamment sensible pour détecter les bénéfices de l'exposition et du niveau de décodage de la LfPC. En effet, cette tâche ne permet pas d'explorer certains aspects importants de la mémoire de travail, tels que l'effet de longueur (une performance moins bonne pour les items phonologiquement longs) et l'effet de rime (un rappel sériel immédiat plus faible lorsque les items riment). Ces deux effets sont des indicateurs du fonctionnement de la boucle phonologique dans le modèle de mémoire de travail de Baddeley & collaborateurs (Charlier, 1994). Ainsi, la tâche d'empan verbal endroit basée sur les chiffres, comprenant des items monosyllabiques en français, ne permet pas de tester pleinement les caractéristiques de la mémoire de travail verbale (cf. la discussion de Baddeley & Hitch, 2019 sur la longueur syllabique des chiffres) ni d'obtenir d'informations suffisamment détaillées concernant les stratégies mnésiques employées par les enfants sourds (Leybaert et al., 2007). Par ailleurs, pour mieux comprendre les mécanismes de mémoire de

travail verbale, il aurait été judicieux d'inclure d'autres mesures telles que l'empan envers pour mesurer la manipulation des unités phonologiques et de collecter des données à différents moments afin d'obtenir une estimation plus précise et fiable de la mémoire de travail verbale chez les enfants sourds. Cela permettrait d'obtenir des données plus complètes concernant les potentiels bénéfices de l'exposition à la LfPC et du niveau de décodage sur leur mémoire de travail verbale.

Concernant la mémoire de travail visuo-spatiale, tous les enfants porteurs d'implants cochléaires ont des empans visuo-spatiaux dans les normes attendues pour leur âge, ce qui est en accord avec certaines études scientifiques (Lyxell et al., 2008). Toutefois, nous observons une tendance à une différence entre les groupes LfPC+ et AVT et les groupes LfPC- et AVT, avec des empans visuo-spatiaux supérieurs pour les enfants exposés à la LfPC (enfants LfPC+ et LfPC-). Ainsi, il semble donc que les enfants exposés à la LfPC ont tendance à avoir de meilleures performances en mémoire de travail visuo-spatiale.

L'ensemble de ces résultats permet de formuler des hypothèses sur la nature des représentations en jeu dans la mémoire de travail. En ce qui concerne la mémoire de travail verbale, nos résultats indiquent que les enfants sourds des trois groupes étudiés ici peuvent effectivement mémoriser à court terme des informations verbales présentées oralement et les restituer. Dans la version récente du modèle de Baddeley & Hitch (2019), il est proposé que l'encodage des informations à mémoriser via la boucle phonologique puisse se faire dans un format verbal « combiné », recourant à des représentations multisensorielles, de nature auditive, articulatoire et visuelle. Ainsi, les enfants sourds, qu'ils aient bénéficié d'un entraînement auditif renforcé (AVT), ou qu'ils aient été exposés à la LfPC de façon à être capables de décoder les indices visuo-manuels (LfPC+) ou encore qu'ils semblent recourir principalement à des indices labio-visuels (LfPC-) pourraient tous utiliser un encodage phonologique. Le format sensoriel (auditif ou audiovisuel ou visuel) de cet encodage pourrait varier en fonction de la méthode de rééducation (AVT ou LfPC), mais l'efficacité de l'encodage serait la même.

D'autre part, les performances de la mémoire de travail visuo-spatiale semblent légèrement renforcées dans les groupes ayant bénéficié de la LfPC. Il est possible que l'exposition à la LfPC, et peut-être plus largement l'utilisation de la lecture labiale, contribuent positivement à l'augmentation de l'empan visuo-spatial chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Cette contribution pourrait également avoir une influence positive sur le maintien de l'ordre sériel visuel, en l'absence de l'utilisation d'informations phonologiques. En effet, les

enfants exposés à la LfPC pourraient accorder une attention visuelle particulière aux gestes manuels et à la lecture labiale, ce qui pourrait améliorer leurs compétences visuo-spatiales, même lorsque leur niveau de décodage des indices manuels est faible. On peut faire l'hypothèse supplémentaire que cet entrainement visuel pourrait aussi, lors de tâches verbales, renforcer l'encodage mnésique sous forme visuelle et pourrait ainsi contribuer à l'étayage visuel des représentations phonologiques (multisensorielles) en jeu dans la mémoire de travail verbale.

Une interprétation alternative de nos résultats peut être également proposée dans le cadre du modèle de mémoire de travail TBRS, qui postule que la mémoire de travail repose sur des processus attentionnels (Barrouillet, Bernardin, & Camos, 2004). Selon ce modèle, le stockage et le traitement de l'information, qu'elle soit visuelle ou verbale, dépendent de l'attention. Ainsi, il se pourrait que les enfants sourds porteurs d'IC, malgré leurs difficultés phonologiques observées dans des tâches de répétition de pseudo-mots (Van Bogaert et al. 2023b), parviennent à avoir des compétences en mémoire de travail verbale et visuo-spatiale identiques aux enfants normo-entendants grâce à des mécanismes de rafraichissement attentionnels génériques ou multisensoriels.

Enfin, les résultats en mémoire de travail (verbale et visuo-spatiale) des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires sont très hétérogènes dans les trois groupes d'enfants sourds. Cela est en accord avec les précédentes études concernant les performances en mémoire de travail des enfants sourds (Pisoni et al. 2011 ; Cleary et al., 2001). Des études futures sont indispensables pour mieux décrire l'hétérogénéité des performances mnésiques à court terme des enfants sourds et mieux comprendre leur origine.

6 Limites de l'étude

La limite majeure de cette étude réside dans la faible taille de l'échantillon des enfants porteurs d'implants cochléaires (IC), ce qui entraîne un nombre réduit de participants par groupe. En effet, le nombre d'enfants sourds ayant un niveau élevé de décodage de la LfPC (LfPC+) et ceux ayant bénéficié d'une thérapie AVT est relativement restreint.

De plus, d'autres facteurs auraient pu influencer les compétences en mémoire de travail chez ces enfants. Bien que l'âge de la première implantation cochléaire ait été pris en compte dans nos analyses et qu'il n'y avait pas d'influence significative de cet âge sur les scores de mémoire de travail, les moyennes de l'âge d'implantation cochléaire variaient parmi les trois groupes d'enfants sourds (cf. Tableau 1). De nombreuses recherches ont montré que

l'implantation cochléaire précoce constitue une variable significative influençant les compétences cognitives des enfants sourds (Kral et al. 2016). De plus, la durée d'utilisation de l'IC, le caractère bilatéral ou bimodal de l'implantation (deux implants cochléaires ou un implant cochléaire associé à un appareillage auditif classique) sont des facteurs susceptibles d'influencer nos résultats (Sturm et al., 2021). Enfin, des variables telles que le statut socio-économique et l'implication des parents et de l'entourage pourraient également jouer un rôle dans les performances mnésiques des enfants (Ching et al., 2013; Niparko et al., 2010). Des études plus approfondies, incluant un échantillon plus conséquent d'enfants porteurs d'IC, devraient prendre en considération ces différentes variables afin de détailler plus précisément l'impact de l'exposition à la LfPC et de l'utilisation de l'AVT sur la mémoire de travail de ces enfants.

7 Conclusion

En conclusion, les résultats de cette étude montrent que les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires étudiés ici présentent des performances en mémoire de travail verbale et visuo-spatiale, mesurées par des tâches simples d'empan de chiffre à l'endroit et d'empan visuo-spatial, similaires à celles des enfants normo-entendants. En se référant au modèle de la mémoire de travail de Baddeley (2000 ; 2019), les performances observées indiquent que les deux sous-composantes de la mémoire de travail (boucle phonologique et calepin visuo-spatial) ne seraient pas altérées chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires, quelle que soit l'approche rééducative (AVT ou LfPC) et quel que soit l'investissement de l'enfant (LfPC+ et LfPC-). Ainsi, un soutien au développement du langage, qu'il soit renforcé sur le plan auditif ou audiovisuel, et qu'il soit efficacement utilisé ou pas par l'enfant, pourrait permettre le développement de représentations phonologiques multisensorielles étayant la mémoire de travail verbale. Une hypothèse alternative, compatible avec le modèle TBRS, est que les performances de mémoire de travail observées chez tous ces enfants seraient liées à la mise en place de mécanismes de rafraichissement attentionnels génériques, non spécifiquement auditif ni visuel, renforcés par le soutien au développement du langage, quel qu'il soit (Barrouillet, Bernardin, & Camos, 2004). Cependant, pour évaluer plus finement l'impact de l'exposition à la Langue française Parlée Complétée (LfPC) et de l'Auditory Verbal Therapy (AVT) sur les mémoires de travail verbale et visuo-spatiale et les représentations phonologiques et visuelles sous-jacentes, des recherches complémentaires incluant des tâches plus complexes sont nécessaires.

8 Remerciements

Nous remercions tout particulièrement tous les enfants et les professionnel·le·s qui ont participé à cette étude. Nous remercions l'association ALPC, l'association ADEFAV et le Centre Hospitalier de Grenoble pour leur aide dans le recrutement des participants porteurs d'IC. Cette étude est menée dans le cadre du consortium européen Comm4CHILD : Communication for Children with Hearing Impairment to optimise Language Development (Marie Sklodowska- Curie grant agreement n°860755).

9 Références

Baddeley, A. D. (1990). The development of the concept of working memory: Implications and contributions of neuropsychology. In *Neuropsychological impairments of short-term memory* (pp. 54–73). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511665547

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

Busquet, D., & Descourtieux, C. (2000). *TERMO tests d'évaluation de la réception du message oral par l'enfant sourd*. https://www.librairiedialogues.fr/livre/8413260-termo-tests-d-evaluation-de-la-reception-du-mes--busquet-denise-descourtieux-chantal-ortho-edition

Barrouillet, P., Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time Constraints and Resource Sharing in Adults' Working Memory Spans. Journal of Experimental Psychology: General, 133(1), 83–100. https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.83

Charlier, B. (1994). *Le développement des représentations phonologiques chez l'enfant sourd: Étude comparative du langage parlé complété avec d'autres outils de communication*. http://hdl.handle.net/2013/

Ching, T. Y., Day, J., Zhang, V., Dillon, H., Van Buynder, P., Seeto, M., Hou, S., Marnane, V., Thomson, J., Street, L., Wong, A., Burns, L., & Flynn, C. (2013). A randomised controlled trial of nonlinear frequency compression versus conventional processing in hearing aids: Speech and language of children at 3 years of age. *International Journal of Audiology*, *52*(0 2). https://doi.org/10.3109/14992027.2013.858281

CISIC. (2021). *Enquête « Le parcours de l'enfant implanté cochléaire »: Des résultats riches en informations*.

Cleary, M., Pisoni, D. B., & Geers, A. E. (2001). Some measures of verbal and spatial working memory in eight- and nine-year-old hearing-impaired children with cochlear implants. *Ear and Hearing*, *22*(5), 395–411. https://doi.org/10.1097/00003446-200110000-00004

Cornett, R. O. (1967). Cued Speech. *American Annals of the Deaf*, *112*(1), Article 1.

De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*(2), 186–201. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.01.004

Emmorey, K., Giezen, M. R., Petrich, J. A. F., Spurgeon, E., & O'Grady Farnady, L. (2017). The Relation between Working Memory and Language Comprehension in Signers and Speakers. *Acta Psychologica*, *177*, 69–77. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.04.014

Fitzpatrick, E., & Doucet, S. P. (2012). *Apprendre à écouter et à parler ; la déficience auditive chez l'enfant—Elizabeth M. Fitzpatrick, Suzanne P. Doucet—Pu D'ottawa—Grand format—Le Hall du Livre NANCY*. Les Presses de l'Université d'Ottawa. https://halldulivre.com/livre/9782760307841-apprendre-a-ecouter-et-a-parler-la-deficience-auditive-chez-l-enfant-elizabeth-m-fitzpatrick-suzanne-p-doucet/

Hall, M. L., & Bavelier, D. (2010). Working memory, deafness, and sign language. In M. Marshark & P. E. Spencer (Eds.), The Oxford handbook of deaf studies, language, and education, Vol. 2, pp. 458–472). Oxford University Press.

Hall, M. L., Hall, W. C., & Caselli, N. K. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. *First Language*, *39*(4), 367–395. https://doi.org/10.1177/0142723719834102

Heled, E., & Ohayon, M. (2021). Visuospatial and Tactile Working Memory in Individuals with Congenital Deafness. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *26*. https://doi.org/10.1093/deafed/enab005

Jacquier-Roux, M., Valdois, S., Zorman, M., Lequette, C., & Pouget, G. (2005). *Outil de DÉpistage des DYSlexies—ODEDYS* (Version 2) [Computer software].

Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & O'Donoghue, G. M. (2016). 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

Kofler, M. J., Sarver, D. E., Harmon, S. L., Moltisanti, A., Aduen, P. A., Soto, E. F., & Ferretti, N. (2018). Working memory and organizational skills problems in ADHD. Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines, 59(1), 57–67. https://doi.org/10.1111/jcpp.12773

Leclercq, A.-L., & Majerus, S. (2010). Serial-order short-term memory predicts vocabulary development: Evidence from a longitudinal study. *Developmental Psychology*, *46*(2), 417–427. https://doi.org/10.1037/a0018540

LeFevre, J.-A., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to Mathematics: Longitudinal Predictors of Performance. *Child Development*, *81*(6), 1753–1767. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x

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*, *Vol. 59*(3), Article 3.

Lyxell, B., Sahlén, B., Wass, M., Ibertsson, T., Larsby, B., Hällgren, M., & Mäki-Torkko, E. (2008). Cognitive development in children with cochlear implants: Relations to reading and communication. *International Journal of Audiology*, *47*(sup2), S47–S52. https://doi.org/10.1080/14992020802307370

Marshall, C., Jones, A., Denmark, T., Mason, K., Atkinson, J., Botting, N., & Morgan, G. (2015). Deaf children's non-verbal working memory is impacted by their language experience. *Frontiers in Psychology*, *6*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.00527

Meloni, G. (2022). Évaluation des Troubles du Développement des Sons de Parole dans le cadre d'un modèle psycholinguistique chez l'enfant francophone [Thèse, Université Grenoble Alpes et Université de Montréal].

Monnier, C., & Attout, L. (2021). Évaluation de la mémoire de travail chez l'enfant: Analyse quantitative et qualitative à partir des outils existants. *ANAE - Approche Neuropsychologique Des Apprentissages Chez l'Enfant*, *171*, 205–215.

Niparko, J. K., Tobey, E. A., Thal, D. J., Eisenberg, L. S., Wang, N.-Y., Quittner, A. L., & Fink, N. E. (2010). Spoken Language Development in Children Following Cochlear Implantation. *JAMA : The Journal of the American Medical Association*, *303*(15), 1498–1506. https://doi.org/10.1001/jama.2010.451

Nittrouer, S., Caldwell-Tarr, A., Low, K. E., & Lowenstein, J. H. (2017). Verbal Working Memory in Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, *60*(11), 3342–3364. https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-H-16-0474

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 Suppl), 106S-20S. https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000051692.05140.8E

Pisoni, D. B., & Geers, A. E. (2000). Working Memory in Deaf Children with Cochlear Implants: Correlations between Digit Span and Measures of Spoken Language Processing. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, *109*(12_suppl), 92–93. https://doi.org/10.1177/00034894001090S1240

Pisoni, D. B., Kronenberger, W. G., Roman, A. S., & Geers, A. E. (2011). Measures of digit span and verbal rehearsal speed in deaf children after more than 10 years of cochlear implantation. *Ear and Hearing*, *32*(1 Suppl), 60S-74S. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181ffd58e

Pollack, D. (1970). *Educational audiology for the limited hearing infant*. Springfield, IL : Charles C. Thomas.

Schwering, S. C., & MacDonald, M. C. (2020). Verbal Working Memory as Emergent from Language Comprehension and Production. Frontiers in human neuroscience, 14, 68. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00068

Stoll, C., Palluel-Germain, R., Caldara, R., Lao, J., Dye, M. W. G., Aptel, F., & Pascalis, O. (2018). Face Recognition is Shaped by the Use of Sign Language. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *23*(1), 62–70. https://doi.org/10.1093/deafed/enx034

Sturm, J. J., Kuhlmey, M., Alexiades, G., Hoffman, R., & Kim, A. H. (2021). Comparison of Speech Performance in Bimodal versus Bilateral Cochlear Implant Users. *The Laryngoscope*, *131*(4), E1322–E1327. https://doi.org/10.1002/lary.29062

Torrington Eaton, C., & Ratner, N. B. (2016). An exploration of the role of executive functions in preschoolers' phonological development. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *30*(9), 679–695. https://doi.org/10.1080/02699206.2016.1179344

Van Bogaert, L., Machart, L., Gerber, S., Lœvenbruck, H., Vilain, A., Consortium EULALIES (2023a). Speech rehabilitation in children with cochlear implants using a multisensory (French Cued Speech) or a hearing-focused (Auditory Verbal Therapy) approach. *Frontiers in Human Neuroscience*, *17*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2023.1152516

Van Bogaert Lucie, Machart Laura, Lœvenbruck Helene, Vilain Anne (2023b). Nonword repetition in children with cochlear implants using different speech and language rehabilitation approaches. In: Radek Skarnitzl & Jan Volín (Eds.), Proceedings of the 20th International Congress of Phonetic Sciences (pp. 3947– 3951). Guarant International.

7. Analyses supplémentaires

En complément des résultats présentés dans les articles 2, 3 et 4 (publiés ou soumis à publication), nous avons réalisé des analyses supplémentaires afin de comparer plus finement les performances des différents groupes d'enfants sourds. En effet, les tests de conformité réalisés dans ces articles évaluaient la significativité de la proportion d'enfants dont les scores étaient en dehors de l'intervalle de variabilité typique. Toutefois, cette analyse ne renseignait pas sur l'amplitude de l'écart par rapport aux enfants typiques. Or, à l'observation des graphes, il nous a semblé que les performances de certains enfants étaient très proches de l'intervalle typique alors que d'autres s'en éloignaient de façon importante.

Pour mieux quantifier ces écarts par rapport à la variabilité typique, nous avons donc calculé, pour chaque enfant sourd, l'écart de son score par rapport à la valeur moyenne prédite pour les enfants normo-entendants (NE) du même âge. Ensuite, nous avons établi un modèle linéaire (fonction *lm* du logiciel R) estimant l'*Écart* par rapport à la moyenne prédite pour les NE (variable dépendante) en fonction du *Groupe* (AVT, LfPC+, LfPC-, variable indépendante). Nous avons réalisé deux types de comparaisons multiples (fonction *glht* du package *multcomp*) à partir de ce modèle linéaire. Le premier consiste à tester, pour chaque groupe, si les écarts diffèrent de la moyenne des NE. Le deuxième consiste à comparer les écarts entre les groupes d'enfants sourds.

Enfin, nous avons généralisé l'analyse par tests de conformité (dont la méthodologie est présentée en détail dans les articles 2, 3 et 5) à l'ensemble des données recueillies. L'intégralité des résultats est présentée dans les paragraphes ci-dessous.

7.1. Détection d'altérations phonologiques

Le diagramme en boite à moustaches de la figure 2.7.1. ci-dessous représente les écarts par rapport à la moyenne prédite des enfants NE pour les trois groupes d'enfants sourds sur la performance à la tâche de détection d'altérations phonologiques. La performance est mesurée par le score *dprime*, ou indice de sensibilité. Une valeur positive de l'écart par rapport à la moyenne prédite signifie un meilleur score *dprime* que la moyenne attendue et ainsi une meilleure perception de parole, tandis qu'un écart négatif signifie un score plus faible.

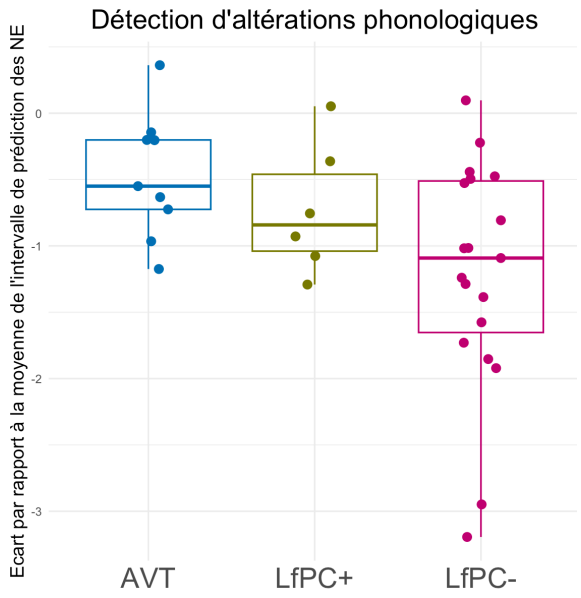


Figure 2.7.1. Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne de l'intervalle de prédiction des NE pour les trois groupes d'enfants sourds – tâche de détection d'altérations phonologiques.

7.1.1. Comparaison des enfants porteurs d'implants cochléaires par rapport aux enfants normo-entendants

Le modèle linéaire estimant la relation entre l'*Écart* et le *Groupe* indique un effet significatif du Groupe ($p = 0.041$). Les tests de comparaisons multiples, par rapport à la moyenne des enfants NE, ne révèlent aucune différence entre les enfants AVT et NE ($p > 0.05$), mais une tendance à une différence est observée entre les enfants LfPC+ et NE ($p = 0.058$). Cependant, les résultats indiquent une différence significative entre les enfants LfPC- et les enfants NE ($p < 0.001$). Ainsi, seuls les enfants LfPC- ont des performances significativement plus faibles que les enfants NE sur la tâche de détection d'altérations phonologiques.

7.1.2. Comparaison entre les enfants porteurs d'implants cochléaires

Les tests de comparaisons multiples du modèle linéaire indiquent que les performances en perception de parole des enfants AVT sont significativement meilleures que celles des enfants LfPC- ($p = 0.015$). En revanche, aucune différence significative n'est observée entre les enfants LfPC+ et AVT ($p > 0.05$), ni entre les enfants LfPC+ et LfPC- ($p > 0.05$).

7.2. Dénomination d'images

Des analyses supplémentaires sur la tâche de dénomination d'images ont également été réalisées dans le but de mesurer la production des phonèmes, des consonnes et des voyelles et

pour comparer les productions phonémiques, consonantiques et vocaliques entre les trois groupes d'enfants sourds.

Par ailleurs, notons que quatre enfants sourds (deux enfants du groupe LfPC+ et deux enfants du groupe LfPC-) ainsi que 10 enfants normo-entendants plus âgés ont été inclus dans les nouvelles analyses, car ils ont réalisé la tâche de dénomination d'images après la publication de l'article. En effet, le nombre d'enfants normo-entendants âgés de 8 à 11 ans étant limité, nous avons recruté de nouveaux enfants plus âgés pour homogénéiser nos groupes.

7.2.1. Production phonémique, consonantique et vocalique

La Figure 2.7.2 ci-dessous montre la relation entre le nombre moyen d'erreurs par mot sur les phonèmes, les consonnes et les voyelles pour chaque enfant, en fonction de son âge chronologique et son groupe (AVT, LfPC+ et LfPC-). Comme précédemment, une régression non linéaire du score en fonction de l'âge a été effectuée sur les données NE (régression représentée par une ligne noire) et l'intervalle de prédiction à 95% a été estimé (bornes supérieures et inférieures en lignes en pointillés). Ainsi, 95% des enfants NE ont des scores à l'intérieur de cet intervalle.

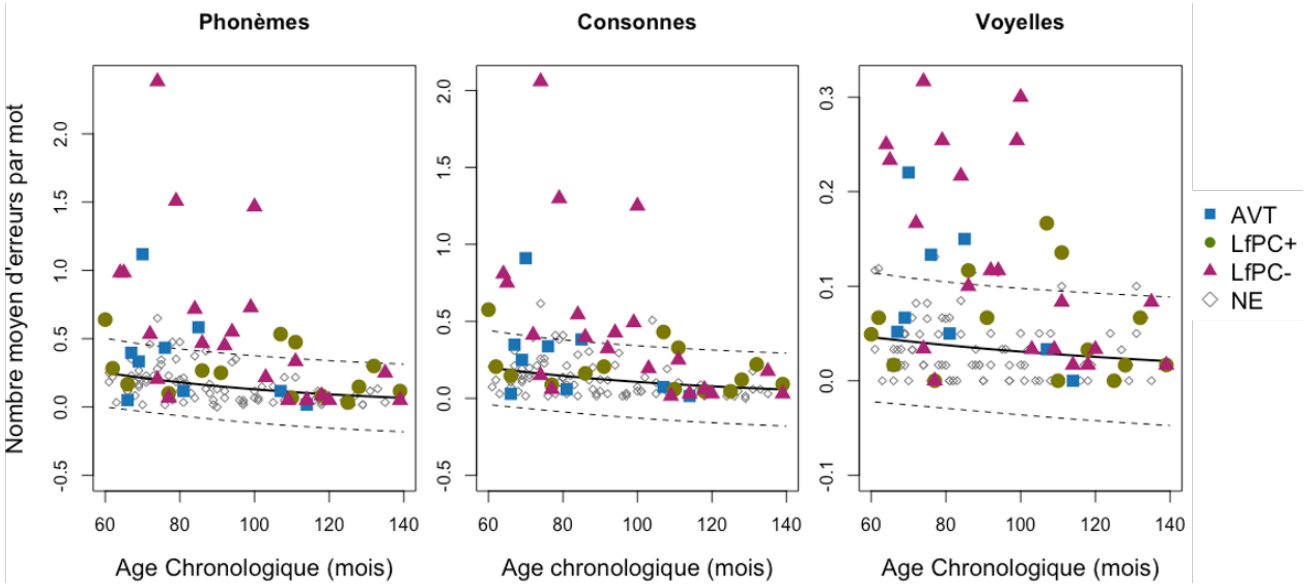


Figure 2.7.2. Nombre moyen d'erreurs par mot sur les phonèmes, consonnes et voyelles pour chaque enfant, en fonction l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE – tâche de dénomination d'images.

La table 2.7.1 ci-dessous indique la proportion des enfants avec des performances inférieures à la limite NE (c'est-à-dire, les scores d'erreurs supérieurs à la borne supérieure de l'intervalle des NE), ainsi que les écarts moyens (et écart-type) entre les scores d'erreurs de production de chaque enfant et la moyenne prédite par les enfants NE du même âge (un écart positif signifie un plus grand nombre d'erreurs).

Table 2.7.1. Proportion du nombre d'enfants avec des scores d'erreurs supérieurs à la borne supérieure de l'intervalle des NE, ainsi que les écarts moyens par rapport à la moyenne de cet intervalle pour les trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) – tâche de dénomination d'images.

	Phonèmes			Consonnes			Voyelles		
	AVT	LfPC+	LfPC-	AVT	LfPC+	LfPC-	AVT	LfPC+	LfPC-
Proportions d'enfants avec des performances inférieures à la limite de l'intervalle des NE	2/9	3/14	11/21	2/9	2/14	10/21	3/9	3/14	10/21
Écarts moyens par rapport à la moyenne de l'intervalle prédit par les NE (Écart-type)	0.17 (0.33)	0.10 (0.17)	0.43 (0.58)	0.12 (0.27)	0.08 (0.14)	0.34 (0.5)	0.04 (0.07)	0.02 (0.05)	0.09 (0.1)

La figure 2.7.3 ci-dessous illustre, pour chaque enfant sourd, les écarts par rapport à la moyenne prédite par les enfants NE du même âge, concernant les erreurs de production sur les phonèmes, les consonnes et les voyelles. Un écart positif signifie un nombre plus élevé d'erreurs de production, tandis qu'un écart négatif signifie un nombre plus faible d'erreurs de production (donc une meilleure performance en production de parole).

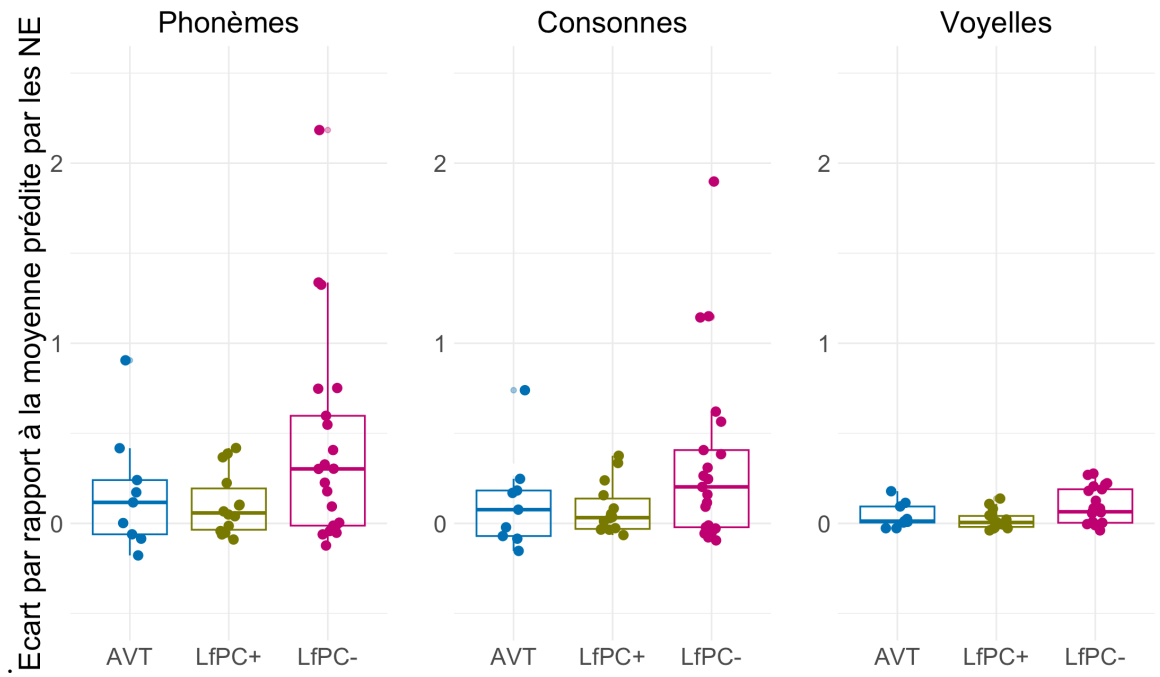


Figure 2.7.3. Diagramme en boites à moustaches représentant les écarts moyens par rapport à l'intervalle de prédiction des NE pour les trois groupes d'enfants sourds pour les phonèmes, consonnes et voyelles – tâche de dénomination d'images.

7.2.2. Comparaison des enfants porteurs d'implants cochléaires par rapport aux enfants normo-entendants

Deux types d'analyses ont été effectués pour comparer les trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-), par rapport aux enfants normo-entendants.

Premièrement, les tests de conformité des proportions montrent une tendance à une différence entre les enfants AVT et NE pour les phonèmes ($p = 0.07$), une différence entre les deux groupes pour les voyelles ($p = 0.008$), mais aucune différence pour les consonnes ($p > 0.05$). Nous observons également une différence entre les enfants LfPC+ et NE pour les phonèmes ($p = 0.03$) et les voyelles ($p = 0.019$), mais pas pour les consonnes ($p > 0.05$). Enfin, les tests de conformité montrent que la proportion des enfants du groupe LfPC- en dehors de l'intervalle est significativement différente de l'intervalle de prédiction des NE pour les phonèmes ($p < 0.001$), les consonnes ($p < 0.001$) et les voyelles ($p < 0.001$).

Deuxièmement, le modèle linéaire estimant l'*Écart* en fonction du *Groupe* indique une tendance à un effet du Groupe pour les phonèmes ($p = 0.08$) et les consonnes ($p = 0.08$), ainsi qu'un effet significatif du groupe pour les voyelles ($p = 0.04$). Des tests de comparaisons multiples de ce modèle par rapport à la moyenne des enfants NE pour les trois scores de parole ont également été réalisés. Les résultats ne montrent aucune différence significative entre les enfants AVT et NE, ni entre les enfants LfPC+ et NE pour les phonèmes ($p > 0.05$), les consonnes ($p > 0.05$) et les voyelles ($p > 0.05$). Toutefois, nous observons des performances plus faibles (un nombre d'erreurs significativement plus élevé) pour les enfants LfPC- sur les phonèmes ($p < 0.001$), les consonnes ($p < 0.001$) et les voyelles ($p < 0.001$), par rapport aux enfants NE.

7.2.3. Comparaison entre les enfants porteurs d'implants cochléaires

Les comparaisons multiples du modèle linéaire n'indiquent aucune différence significative entre les enfants AVT et LfPC+, ni entre les enfants AVT et LfPC- en ce qui concerne les phonèmes ($p > 0.05$), les consonnes ($p > 0.05$) et les voyelles ($p > 0.05$). En revanche, les résultats montrent que les enfants LfPC+ ont des performances supérieures en production de parole par rapport aux enfants LfPC- pour les phonèmes ($p = 0.038$), les consonnes ($p = 0.048$) et les voyelles ($p = 0.015$).

7.3. Répétition de pseudo-mots

Suite à la publication de l'article 4 dans les actes de la conférence ICPhS, nous avons effectué des analyses supplémentaires afin d'homogénéiser toutes nos analyses statistiques.

De plus, comme pour la tâche de dénomination d'images, quatre enfants sourds (deux du groupe LfPC+ et deux du groupe LfPC-) ainsi que 10 enfants normo-entendants plus âgés ont été inclus dans ces nouvelles analyses, car ils ont réalisé la tâche après la publication de l'article.

Ces analyses supplémentaires portent sur la production phonémique, consonantique, vocalique, ainsi que sur la production du contraste de voisement et de nasalité lors de la tâche de répétition de pseudo-mots.

7.3.1. Production phonémique, consonantique et vocalique

Le graphique 2.7.4 ci-dessous montre la relation entre le nombre moyen d'erreurs par mot sur les phonèmes, les consonnes et les voyelles pour chaque enfant, en fonction de son âge chronologique et de son groupe (AVT, LfPC+ et LfPC-). Comme précédemment, une régression non linéaire du score en fonction de l'âge a été effectuée sur les données NE (régression représentée par une ligne noire) et l'intervalle de prédiction à 95% a été estimé (bornes supérieures et inférieures en lignes en pointillés).

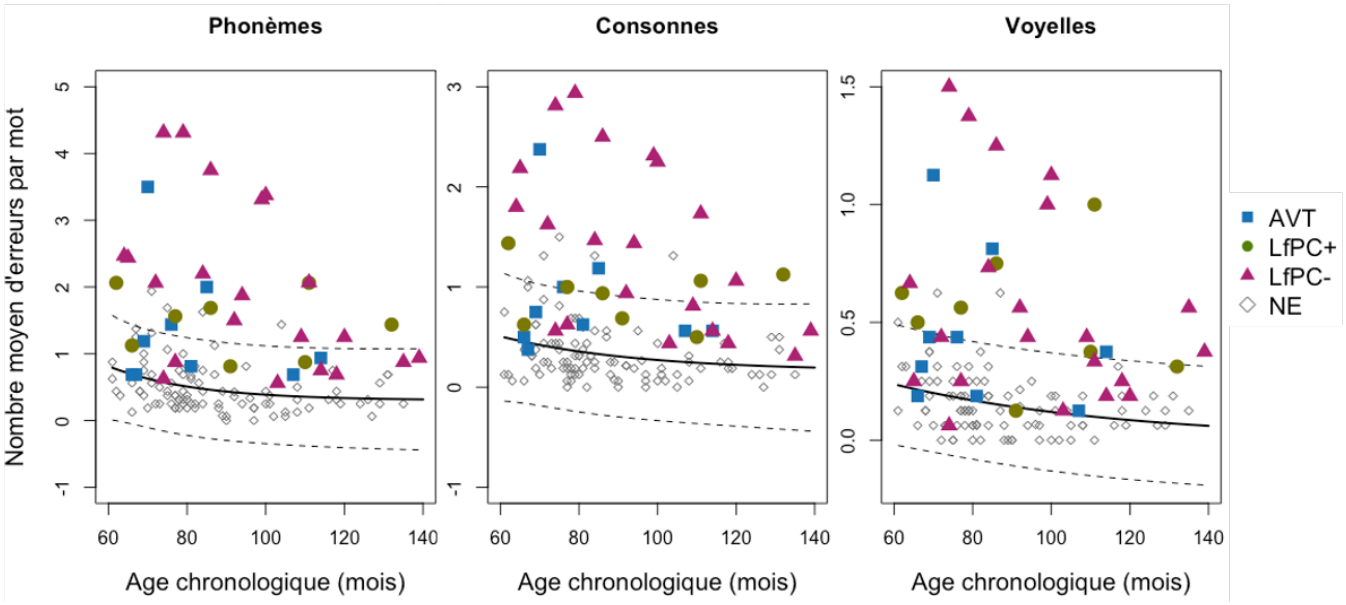


Figure 2.7.4. Nombre moyen d'erreurs par mot sur les phonèmes, consonnes et voyelles pour chaque enfant, en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE – tâche de répétition de pseudo-mots.

La table 2.7.2 ci-dessous indique la proportion des enfants avec des performances inférieures à la limite NE (c'est-à-dire, des scores d'erreurs supérieurs à la borne supérieure de l'intervalle des NE), ainsi que les écarts moyens (et écart-type) entre les scores d'erreurs de production de chaque enfant et la moyenne prédite par les enfants NE du même âge.

Table 2.7.2. Proportion d'enfants avec des performances inférieures à la limite de l'intervalle des NE et écarts moyens par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les trois groupes d'enfants sourds (AVT, LfPC+ et LfPC-) – tâche de répétition de pseudo-mots.

	Phonèmes			Consonnes			Voyelles		
	AVT	LPC+	LPC-	AVT	LPC+	LPC-	AVT	LPC+	LPC-
Proportion d'enfants avec des performances inférieures à la limite de l'intervalle des NE	3/9	5/8	14/21	3/9	5/8	13/21	4/9	4/8	12/21
Écarts moyens par rapport à la moyenne prédite par les NE (Écart-type)	0.78 (0.91)	0.96 (0.47)	1.52 (1.19)	0.51 (0.6)	0.59 (0.3)	1.09 (0.81)	0.27 (0.32)	0.38 (0.27)	0.44 (0.42)

La figure 2.7.6 ci-dessous illustre les diagrammes en boite à moustaches (boxplot) des écarts de chaque enfant sourd en ce qui concerne les erreurs sur les phonèmes, les consonnes et les voyelles par rapport à la moyenne prédite par les données des enfants NE. Comme pour la tâche de dénomination d'images, un écart positif signifie un nombre plus élevé d'erreurs de production, tandis qu'un écart négatif signifie un nombre plus faible d'erreurs de production (donc une meilleure performance en répétition de pseudo-mots).

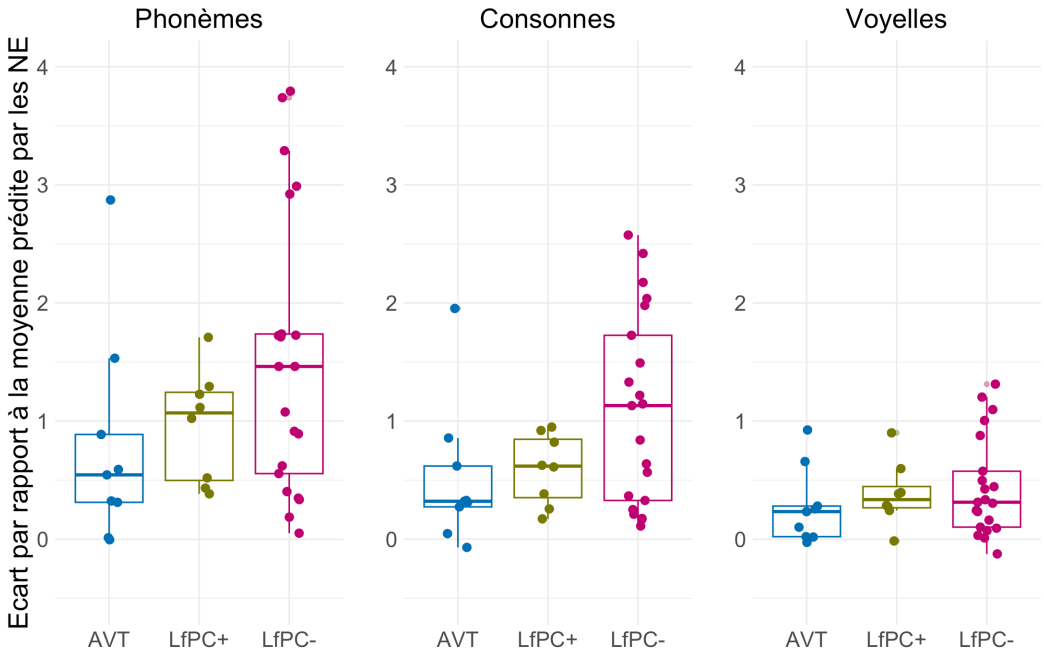


Figure 2.7.5. Diagrammes en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les trois groupes d'enfants sourds pour les phonèmes, consonnes et voyelles – tâche de répétition de pseudo-mots.

7.2.3. Comparaison des enfants porteurs d'implants cochléaires par rapport aux enfants normo-entendants

Premièrement, les tests de conformité des proportions entre les trois groupes d'enfants sourds et les enfants NE montrent des différences significatives entre les enfants AVT et NE pour les phonèmes ($p = 0.008$), les consonnes ($p = 0.008$) et les voyelles ($p < 0.001$). Pour les enfants LfPC+ et NE, les résultats montrent également une différence entre ces deux groupes sur les phonèmes ($p < 0.001$), les consonnes ($p < 0.001$) et les voyelles ($p < 0.001$). Enfin, les tests de conformité montrent des différences significatives entre les enfants LfPC- et NE pour les phonèmes ($p < 0.001$), les consonnes ($p < 0.001$) et les voyelles ($p < 0.001$). Par conséquent, à partir des résultats de ces tests, tous les enfants sourds ont des performances plus faibles que les enfants NE pour la tâche de répétition de pseudo-mots.

Deuxièmement, le modèle linéaire estimant l'*Écart* en fonction du *Groupe* indique une tendance à un effet du Groupe pour les consonnes ($p = 0.07$), mais aucun effet significatif du groupe pour les phonèmes ($p > 0.05$) et les voyelles ($p > 0.05$) n'a été retrouvé. Toutefois, à partir de ce modèle linéaire, des tests de comparaisons multiples, par rapport à la moyenne des scores des NE, ont été également réalisés pour chacun des trois scores. Même si les enfants AVT ont tendance à avoir des scores plus faibles que les enfants NE sur les phonèmes ($p = 0.07$), aucune différence significative n'a été retrouvée entre ces deux groupes sur les consonnes ($p = 0.09$) et les voyelles ($p = 0.09$). En revanche, nous observons une différence

significative entre les enfants LfPC+ et NE sur les phonèmes ($p = 0.033$) et voyelles ($p = 0.018$), ainsi qu'une tendance à une différence sur les consonnes ($p = 0.06$), montrant des scores de parole plus faibles pour les enfants LfPC+. Enfin, nous observons également des performances plus faibles pour les enfants LfPC- sur les phonèmes ($p < 0.001$), les consonnes ($p < 0.001$) et les voyelles ($p < 0.001$), par rapport aux enfants NE.

7.3.2. Comparaison entre les enfants porteurs d'implants cochléaires

Concernant la tendance à un effet du groupe pour les consonnes, les tests de comparaisons multiples sur le modèle linéaire ne révèlent aucune différence significative entre les enfants du groupe AVT et LfPC+ concernant les consonnes ($p > 0.05$). Cependant, nous observons une différence significative entre les enfants du groupe AVT et LfPC- pour les consonnes ($p = 0.04$), avec des scores de production supérieurs pour les enfants du groupe AVT. Enfin, les tests de comparaisons multiples indiquent également une tendance selon laquelle les enfants du groupe LfPC+ ont des scores supérieurs aux enfants du groupe LfPC- pour les consonnes ($p = 0.08$).

7.3.3. Production du contraste de voisement

Les erreurs de sonorisations se produisent lorsqu'un enfant substitue une consonne non-voisée (sourde) par une consonne voisée (sonore). En revanche, les erreurs d'assourdissements surviennent lorsqu'une consonne voisée (sonore) est remplacée par une consonne non-voisée (sourde).

Les figures 2.7.6 et 2.7.7 ci-dessous illustrent le nombre total d'erreurs de sonorisations (2.7.6) et d'assourdissements (2.7.7) observés sur l'ensemble de la tâche de répétition de pseudo-mots, ainsi que les diagrammes en boite à moustaches représentant les écarts de chaque enfant sourd par rapport à la moyenne prédite par les enfants normo-entendants.

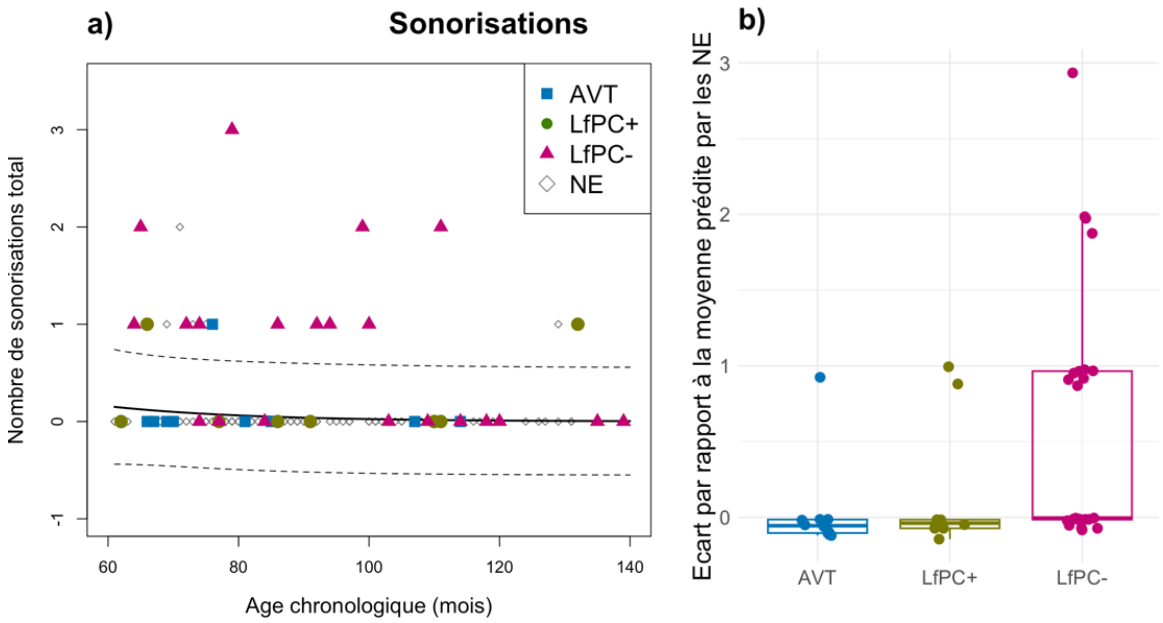


Figure 2.7.6. a) Nombre de sonorisations total sur l'ensemble de la tâche pour les trois groupes d'enfants sourds en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE ; b) Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les sonorisations – tâche de répétition de pseudo-mots.

Pour les sonorisations, les tests de proportions révèlent une différence significative entre les enfants LfPC- et NE ($p < 0.001$), une tendance à une différence entre les LfPC+ et NE ($p = 0.06$) et aucune différence entre les enfants AVT et NE ($p > 0.05$).

Le modèle linéaire estimant la relation entre l'*Écart* et le *Groupe* indique un effet du Groupe ($p = 0.04$). Les tests de comparaisons multiples du modèle linéaire par rapport aux enfants NE montrent des performances significativement plus faibles pour les LfPC- par rapport aux NE ($p < 0.001$). Aucune différence n'a été retrouvée entre les enfants AVT et NE ($p > 0.05$), ni entre les enfants LfPC+ et NE ($p > 0.05$).

Les tests de comparaisons multiples du modèle linéaire montrent une différence significative entre les enfants AVT et LfPC- ($p = 0.02$), ainsi qu'une tendance à une différence entre les enfants LfPC+ et LfPC- ($p = 0.07$), avec des scores plus faibles pour les enfants LfPC-. En revanche, aucune différence n'a été observée entre les enfants AVT et LfPC+ ($p > 0.05$) pour les sonorisations.

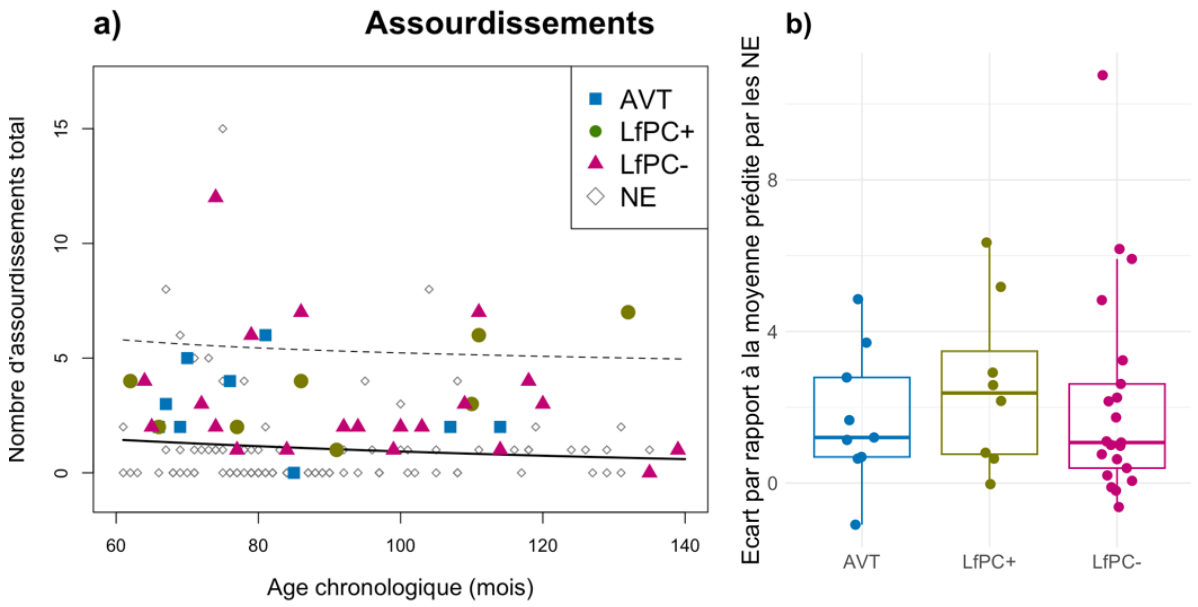


Figure 2.7.7. a) Nombre d'assourdissements total sur l'ensemble de la tâche pour les trois groupes d'enfants sourds, en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE ; b) Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les assourdissements – tâche de répétition de pseudo-mots.

Concernant les assourdissements, les tests de proportions révèlent une différence significative entre les enfants LfPC- et NE ($p < 0.01$), une tendance à une différence entre les LfPC+ et NE ($p = 0.06$) et aucune différence entre les enfants AVT et NE ($p > 0.05$).

Par ailleurs, le modèle linéaire estimant la relation entre l'*Écart* et le *Groupe* ne montre pas d'effet du Groupe ($p > 0.05$). Les tests de comparaisons multiples de ce modèle linéaire montrent des performances plus faibles pour les enfants LfPC- ($p < 0.001$) et les enfants LfPC+ ($p = 0.016$), par rapport aux enfants NE. Aucune différence n'a été retrouvée entre les enfants AVT et NE ($p > 0.05$) pour les assourdissements.

7.3.4. Production du contraste de nasalité

Les erreurs de dénasalisations se manifestent lorsqu'un enfant substitue un phonème nasal par un phonème oral, tandis que les erreurs de sur-nasalisations surviennent lorsqu'un phonème oral est remplacé par un phonème nasal.

Les graphiques ci-dessous représentent le nombre total d'erreurs de sur-nasalisations (Figure 2.7.8) et de dénasalisations (Figure 2.7.9) sur l'ensemble de la tâche de répétition de pseudo-mots, ainsi que les diagrammes en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne prédite par les NE.

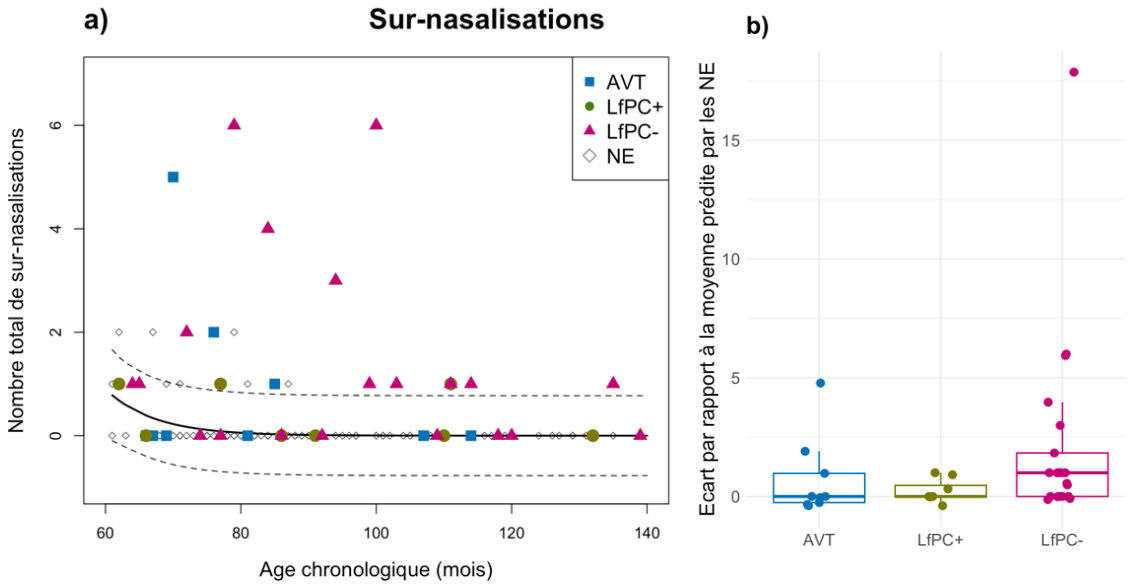


Figure 2.7.8. a) Nombre de sur-nasalisations total sur l'ensemble de la tâche pour les trois groupes d'enfants sourds, en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE ; b) Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport à la moyenne prédite par les NE pour les sur-nasalisations – tâche de répétition de pseudo-mots.

En ce qui concerne les sur-nasalisations, les tests de conformité indiquent une différence significative entre les enfants AVT et NE ($p = 0.008$) et les enfants LfPC- et NE ($p < 0.001$), ainsi qu'une tendance à une différence entre les enfants LfPC+ et NE ($p = 0.057$), avec des scores plus faibles pour tous les enfants sourds.

Le modèle linéaire estimant la relation entre l'*Écart* et le *Groupe* ne montre pas d'effet du Groupe ($p > 0.05$). Les tests de comparaisons multiples de ce modèle, par rapport aux NE, montrent une différence significative entre les enfants LfPC- et NE ($p = 0.013$). Aucune différence n'a été retrouvée entre les enfants AVT et NE ($p > 0.05$), ni entre les enfants LfPC+ et NE ($p > 0.05$) pour les sur-nasalisations.

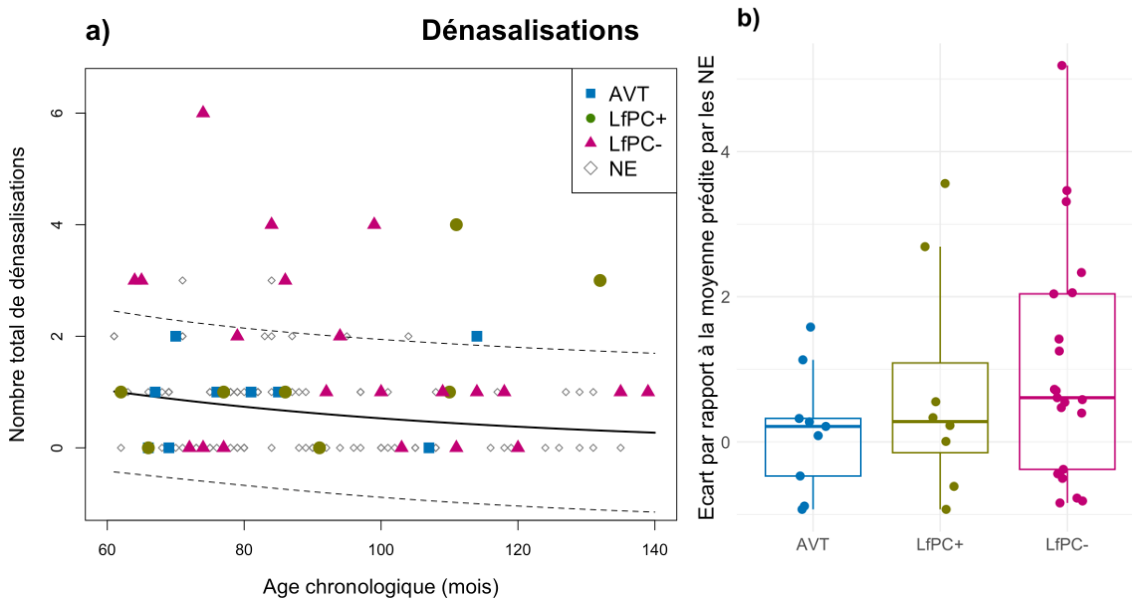


Figure 2.7.9. a) Nombre de dénasalisations total sur l'ensemble de la tâche pour les trois groupes d'enfants sourds, en fonction de l'âge chronologique, en rapport avec l'intervalle prédit par les données des enfants NE ; b) Diagramme en boite à moustaches représentant les écarts par rapport la moyenne prédite par les NE pour les dénasalisations – tâche de répétition de pseudo-mots.

Pour les dénasalisations, les tests de proportions révèlent une différence significative entre les enfants LfPC- et NE ($p < 0.001$), une tendance à une différence entre les LfPC+ et NE ($p = 0.057$), mais aucune différence entre les enfants AVT et NE ($p > 0.05$).

Le modèle linéaire estimant la relation entre l'*Écart* et le *Groupe* ne montre pas d'effet du Groupe ($p > 0.05$). Les tests de comparaisons multiples de ce modèle, par rapport aux NE, montrent une différence significative entre les enfants LfPC- et NE ($p < 0.001$). En revanche, nous ne retrouvons aucune différence significative entre les enfants LfPC+ et NE ($p > 0.05$) et les enfants AVT et NE ($p > 0.05$) pour les dénasalisations.

III. DISCUSSION GENERALE

Cette thèse porte sur le développement des compétences phonologiques en langue vocale des enfants sourds (perception et production de la parole). Depuis les années 1990, les avancées technologiques dans le domaine des implants cochléaires ont été significatives. Il est parfois rapporté, dans la presse grand public et même scientifique, que l'implant cochléaire résout le problème de la surdité en permettant aux enfants sourds d'entendre aussi bien que les enfants sans surdité (Powers, 2005). Cependant, les études scientifiques et la réalité du terrain montrent que ce n'est pas le cas (Hage, 2011; Leybaert & LaSasso, 2010; Borel, 2015). En effet, des difficultés de perception et de production de parole persistent malgré l'implant cochléaire, avec des représentations phonologiques qui demeurent sous-spécifiées (Nittrouer et al., 2018; Colin et al., 2017; Leybaert et al., 2010). Face à ces difficultés langagières en langue vocale, il est recommandé de mettre en place des outils et méthodes de communication pour soutenir le développement du langage chez l'enfant porteur d'implants cochléaires (Sharma et al., 2020).

L'une des contributions majeures de cette thèse est de fournir des données quantitatives sur les outils et méthodes utilisés en clinique et à la maison et sur leurs bénéfices potentiels pour le développement des compétences phonologiques. Elle fournit des éléments scientifiques sur le développement de la parole et de la mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Les apports de deux approches sont examinés : la Langue française Parlée Complétée (LfPC), utilisée couramment en orthophonie comme à la maison, et l'Auditory Verbal Therapy (AVT), dont l'utilisation a émergé récemment, surtout dans le milieu familial. Les bénéfices d'un niveau élevé de décodage de la LfPC sur les compétences en perception de parole audiovisuelle sans les clés manuelles ainsi que sur les compétences en production de parole et sur le développement de la mémoire de travail ont été examinés. Par ailleurs, étant donné l'émergence de l'AVT mais l'absence d'études francophones mesurant les compétences linguistiques des enfants inscrits dans un programme AVT, nous avons également examiné les bénéfices de cette thérapie sur le développement phonologique et la mémoire de travail.

Dans cette discussion générale, nous examinerons d'abord les principaux résultats de notre sondage portant sur les outils et méthodes de soutien à la communication couramment utilisés en France en 2021. Nous synthétiserons ensuite les résultats des quatre études expérimentales menées auprès de populations d'enfants porteurs d'implants cochléaires ayant bénéficié de différentes approches de soutien à la langue vocale, et nous mettrons en évidence les limites expérimentales de nos travaux. Ensuite, nous suggérerons des applications cliniques et

explorerons les implications sociétales et politiques. Enfin, nous terminerons ce travail par quelques perspectives pour orienter les recherches à venir.

1. Synthèse et discussion des principaux résultats des cinq études

La **première étude** de cette thèse visait à faire un état des lieux des pratiques orthophoniques et éducatives françaises auprès des enfants sourds. Un sondage en ligne a été mené, entre février et septembre 2021, auprès de professionnel·les de la surdité et de parents d'enfants sourds. Les données recueillies auprès de 246 professionnel·les et de 215 parents nous ont permis de déterminer les **méthodes et les outils les plus et les moins utilisés** par les professionnel·le·s et les parents d'enfants sourds. Ainsi, le Français Signé (outil qui utilise des signes de la Langue des Signes Française pour compléter la parole) et la Langue française Parlée Complétée (LfPC, outil qui complète la lecture labiale en utilisant des gestes manuels représentant les phonèmes du français) sont les deux outils les plus utilisés en France par les professionnel·le·s et les parents d'enfants sourds. Ces deux outils, recommandés par les politiques nationales, utilisent les modalités auditives et visuelles pour soutenir le développement du langage (HAS, 2009). En revanche, l'Auditory Verbal Therapy (AVT), une thérapie qui renforce les compétences auditives à travers des jeux fonctionnels et qui utilise le *coaching* parental, est très peu utilisée par les professionnel·le·s en France. Toutefois, cette méthode commence à être de plus en plus pratiquée par les parents, qui en prennent connaissance principalement par l'intermédiaire des réseaux sociaux et d'internet. Par ailleurs, la satisfaction des parents et les progrès observés chez leur enfant sourd semblent être plus importants chez les parents ayant investi dans l'AVT, par rapport aux parents utilisant la LfPC ou le Français Signé à la maison. Ainsi, ce sondage soulève une question fondamentale : « est-ce qu'un outil de communication multimodal (comme la LfPC) ou une thérapie centrée sur le renforcement auditif (comme l'AVT) peut favoriser le développement de la parole chez l'enfant sourd ? **».**

Pour répondre à cette question, nous avons recueilli des données quantitatives sur les compétences phonologiques d'enfants sourds ayant bénéficié de ces deux approches, avec des degrés d'exposition divers. Dans cette thèse, au total, 45 enfants sourds porteurs d'implants cochléaire âgés de 5 à 11 ans et 127 enfants normo-entendants âgés de 5 à 11 ans (appartenant à la grande cohorte EULALIES, Meloni, 2022 ; Machart, 2022) ont été testés sur différentes tâches impliquant des processus linguistiques et cognitifs différents. Les enfants porteurs d'implants cochléaires ont été répartis en trois sous-groupes : les enfants ayant participé à un

programme AVT pendant au moins 2 ans (groupe AVT), les enfants avec un niveau élevé de décodage de la LfPC (groupe LfPC+) et les enfants avec un faible niveau de décodage de la LfPC (groupe LfPC-). Quatre études ont été menées et cinq tâches expérimentales ont été sélectionnées afin de mesurer les performances en parole et en mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires en fonction de l'approche adoptée par les parents pour soutenir le développement de la parole. La table 3.1.1 (p. 201) et la figure 3.1.1 (p. 202) synthétisent les résultats pour l'ensemble de ces études.

La **deuxième étude** de cette thèse portait sur les performances en perception de la parole, mesurées par une tâche de **détection d'altérations phonologiques** (également appelée jugement de lexicalité). Les données recueillies auprès de trois groupes d'enfants sourds ayant bénéficié de l'AVT ou d'une exposition plus ou moins importante à la LfPC (9 enfants AVT, 6 enfants LfPC+ et 19 enfants LfPC-) montrent que les performances en **perception de parole** des enfants LfPC- sont significativement inférieures à celles de leurs pairs normo-entendants. Les enfants AVT, pour leur part, parviennent à obtenir des scores de perception de parole similaires à la norme typique, avec des scores qui se rapprochent significativement plus de la norme que les enfants LfPC-. Par ailleurs, même si les enfants LfPC+ ont tendance à avoir des scores plus faibles que ceux des enfants normo-entendants, l'écart par rapport aux NE est nettement moins marqué que pour les enfants LfPC-. Ces résultats suggèrent un léger avantage pour les enfants du groupe AVT sur cette tâche par rapport aux autres groupes d'enfants sourds.

Globalement, ces données soulignent l'importance de mettre en place une approche de rééducation visant à renforcer la perception de la parole, en plus de l'implantation cochléaire. Les résultats montrent que l'AVT permet aux enfants sourds d'avoir une meilleure perception de parole audiovisuelle que les enfants qui ont un niveau faible de décodage de la LfPC (groupe LfPC-). Par ailleurs, cette étude semble montrer qu'un niveau élevé de décodage de la LfPC favorise la perception de la parole audiovisuelle, même lorsque les clés manuelles ne sont pas disponibles. Il semblerait donc qu'il y ait un transfert des compétences en perception de parole avec les indices visuo-manuels vers la perception de parole audiovisuelle sans indices manuels, ce qui est en accord avec l'étude de Kos et al. (2009).

Ainsi, nos données suggèrent que ces deux approches (AVT et LfPC) contribuent à l'émergence des processus linguistiques qui sous-tendent la perception de la parole comme le traitement auditif central, l'intégration multisensorielle, l'analyse phonétique et phonologique, ou encore l'encodage des formes phonologiques lexicales.

Enfin, nous avons analysé les facteurs qui déterminent, dans nos groupes, le niveau de compétences en LfPC en comparant fréquence d'exposition à la LfPC (quotidienne, hebdomadaire ou occasionnelle), précocité de l'exposition (depuis la naissance, la maternelle ou la primaire) et lieux d'exposition (à l'école et/ou à la maison), ainsi que mémoire de travail verbale et compétences morphosyntaxiques. Les analyses montrent que seuls les facteurs liés à l'exposition à la LfPC (fréquence, précocité et lieux) ont une influence sur le niveau de décodage. La mémoire de travail verbale et le niveau morphosyntaxique ne semblent pas influencer l'appartenance au groupe LfPC+ ou LfPC-. Cela confirme que nos deux groupes présentent des compétences cognitives similaires. Par ailleurs, ces conclusions mettent en évidence l'importance d'une exposition fréquente, précoce et intensive à la LfPC pour permettre à un enfant sourd d'atteindre un niveau élevé de décodage et, par conséquent, d'améliorer sa perception de la parole.

La **troisième étude** de cette thèse porte sur les compétences en **production de sons de parole**, mesurées à partir de la tâche de **dénomination d'images** de la batterie EULALIES (Meloni, 2022). Nous avons examiné les erreurs de production phonologiques sur l'ensemble des phonèmes ciblés par cette tâche dans nos trois groupes (9 enfants AVT, 14 enfants LfPC+ et 21 enfants LfPC-). Les résultats montrent que les enfants LfPC- font davantage d'erreurs de production de parole que les enfants normo-entendants (NE). En revanche, les enfants AVT et LfPC+ parviennent à atteindre des niveaux de production comparables à ceux des enfants NE. Nous observons également que les scores de production des enfants LfPC+ se rapprochent plus de ceux des enfants NE, comparés aux scores des enfants du groupe LfPC-. Ces résultats suggèrent pour cette tâche un léger avantage pour les enfants du groupe LfPC+ par rapport aux autres groupes d'enfants sourds.

Des analyses portant plus spécifiquement sur les contrastes de voisement et de nasalité ont montré que les enfants LfPC- font davantage d'erreurs de sonorisation, en remplaçant des consonnes sourdes par des consonnes sonores, ce qui n'est pas le cas des enfants LfPC+ et AVT. Toutefois, il est important de souligner que la production consonantique du contraste de nasalité reste difficile pour tous les enfants sourds, avec une fréquence accrue d'erreurs de sur-nasalisations et de dénasalisations dans les trois groupes d'enfants sourds par rapport aux enfants NE. Néanmoins, les erreurs sur le contraste de nasalité sont plus nombreuses chez les enfants LfPC- que chez les enfants AVT et LfPC+.

Par conséquent, cette étude suggère qu'un niveau élevé de décodage de la LfPC, tout comme la participation à une thérapie AVT, peuvent contribuer au développement des compétences phonologiques en production de parole chez les enfants sourds porteurs d'implants

cochléaires. Ces deux approches de soutien au développement de la langue vocale ont également des effets positifs sur la production du contraste de voisement et de nasalité des consonnes. Ces résultats corroborent l'étude de Machart et al. (2022) portant sur des enfants sourds ayant bénéficié d'une exposition à la LfPC ou à une approche AVT, et suggèrent que les compétences phonologiques développées sur le versant perception grâce à l'exposition à la LfPC semblent se transférer à la production de parole. Ainsi, ces deux approches semblent bien avoir un impact positif sur l'acquisition des processus linguistiques qui sous-tendent la tâche de dénomination d'images, à savoir l'encodage phonologique, ainsi que la planification, la programmation et l'exécution motrice.

La **quatrième étude** utilise la tâche de **répétition de pseudo-mots** de la batterie EULALIES (Meloni, 2022) afin de mesurer à la fois les compétences en **perception et en production de parole** de nos trois groupes d'enfants sourds (9 enfants AVT, 8 enfants LfPC+ et 21 enfants LfPC-). Les résultats de cette étude mettent en évidence un nombre plus élevé d'erreurs de production de parole chez tous les enfants porteurs d'implants cochléaires, comparés à leurs pairs entendants du même âge, que ce soit au niveau des productions phonémiques, consonantiques ou vocaliques.

Par conséquent, cette étude démontre que la tâche de répétition de pseudo-mots demeure plus complexe que d'autres tâches pour les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires, en raison des nombreux processus linguistiques impliqués dans sa réalisation. Ces processus comprennent les traitements périphériques auditifs et visuels, le traitement auditif central, l'intégration multisensorielle, l'analyse phonétique et phonologique, l'encodage phonologique, la planification, la programmation et l'exécution motrice d'une nouvelle séquence articulatoire, ainsi que la mémoire de travail verbale. Les informations lexico-sémantiques ne sont pas disponibles dans la tâche de répétition de pseudo-mots, ce qui la rend plus complexe, car l'enfant peut difficilement avoir recours à la suppléance mentale et ainsi tirer parti des informations sémantiques et contextuelles pour compenser les éventuelles difficultés auditives. Dans ce contexte, cette tâche apparaît comme un moyen efficace pour évaluer les compétences phonologiques, indépendamment des connaissances lexicales stockées en mémoire. Cette étude insiste donc sur l'importance de compléter les tâches impliquant des compétences lexicales (telles que les tâches de dénomination d'images et de détection d'altérations phonologiques) par des tâches ne faisant pas appel à ces compétences lexicales, comme la tâche de répétition de pseudo-mots.

Par ailleurs, les comparaisons entre les groupes d'enfants sourds ont montré que les enfants AVT présentaient de meilleurs scores de production consonantique que les enfants LfPC-. En

ce qui concerne les enfants LfPC+, les résultats montrent que les enfants LfPC+ ont tendance à obtenir de meilleurs scores sur la production consonantique, par rapport aux enfants LfPC-. Par conséquent, même si tous les enfants sourds sont en difficulté sur cette tâche, il semblerait que les deux approches de soutien à la communication (AVT et LfPC) permettent tout de même aux enfants porteurs d'implants cochléaires d'obtenir des performances qui se rapprochent qualitativement de celles des enfants NE. Ces approches contribuent également à améliorer la précision de la production du contraste de voisement et de nasalité chez ces enfants.

Enfin, une analyse des traits phonologiques révèle que les enfants LfPC+ et AVT présentent des performances similaires à celles des enfants NE en ce qui concerne la production du trait de voisement et de nasalité. Cela n'est cependant pas observé chez les enfants LfPC-, pour lesquels la production de ces deux contrastes demeure déficitaire. Nous observons également moins d'erreurs d'assourdissements chez les enfants AVT, par rapport aux enfants LfPC-.

En raison des liens étroits entre les compétences en parole et les compétences en mémoire de travail (Torrington Eaton & Ratner, 2016; Krall et al. 2016), la **cinquième étude** de cette thèse porte sur le développement de **la mémoire de travail** chez les enfants porteurs d'implants cochléaires (10 enfants AVT, 8 enfants LfPC+ et 19 enfants LfPC-). L'objectif était de mieux identifier les processus linguistiques et cognitifs déficitaires dans les tâches de perception et de production de parole afin de mieux décrire les compétences phonologiques des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Les compétences en mémoire de travail ont été évaluées à partir de la tâche d'empan de chiffres à l'endroit de la batterie ODEDYS (mémoire de travail verbale) et de la tâche d'empan visuo-spatial à l'endroit du test des cubes de Corsi (mémoire de travail visuo-spatiale).

Les résultats de cette cinquième étude montrent que tous les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ont des compétences en mémoire de travail (verbale et visuo-spatiale) dans les normes attendues pour leur âge. Toutefois, nous observons une tendance à une différence entre les enfants exposés à la LfPC (groupes LfPC+ et LfPC-) et les enfants inscrits dans une thérapie AVT sur la mémoire de travail visuo-spatiale, indiquant des empans visuo-spatiaux potentiellement supérieurs chez les enfants ayant reçu une exposition à la LfPC. Il semblerait donc que le caractère visuo-spatial des indices manuels de ce code et le caractère visuel de la lecture labiale pourraient contribuer positivement à l'augmentation de l'empan visuo-spatial chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires.

Ces données soulèvent des questions concernant la nature (auditive, articulatoire, visuelle, ou multisensorielle) de la boucle phonologique censée être en œuvre lors de la réalisation de la

tâche d'empan verbal. En effet, les enfants LfPC- parviennent à obtenir des performances en mémoire de travail verbale dans les normes attendues pour leur âge, malgré leurs difficultés observées lors des tâches de perception et de production de parole. La boucle phonologique, qui permet de traiter et stocker temporairement les informations verbales, pourrait ainsi être de nature multimodale (ou multidimensionnelle), comme le suggèrent Baddeley et al. (2012). En effet, des informations d'ordre visuel, induites par la lecture labiale et possiblement renforcées par l'exposition à la LfPC, pourraient contribuer à enrichir les compétences phonologiques multisensorielles impliquées dans la mémoire de travail verbale, renforçant ainsi l'encodage mnésique.

Une autre hypothèse pourrait être que ces enfants utilisent des mécanismes de rafraîchissement attentionnel (capacité à actualiser et à maintenir l'information pertinente en mémoire à court terme) généraux et non spécifiquement phonologiques, ce qui leur permettrait de développer des compétences en mémoire de travail dans les normes. Cette hypothèse rejoint le modèle de partage temporel des ressources (Time-Based Resource-Sharing model) (Barrouillet, Bernardin, & Camos, 2004), qui suggère que le rafraîchissement de l'information en mémoire à court terme repose sur des compétences attentionnelles générales, non spécifiquement phonologiques ou visuelles, associées aux compétences de contrôle exécutif (Lemaire et al., 2021).

Toutefois, il est important de préciser que les compétences en mémoire de travail verbale ont été évaluées uniquement à partir de la tâche d'empan de chiffres à l'endroit. Des études supplémentaires, intégrant d'autres tâches de mémoire de travail verbale (empan à l'envers, empan de mots, etc.), sont nécessaires pour tirer des conclusions plus robustes et ainsi comprendre les mécanismes impliqués dans la mémoire de travail chez les enfants sourds.

En résumé, la table 3.1.1 ci-dessous reprend les résultats statistiques des cinq tâches expérimentales pour les trois groupes d'enfants sourds. L'annexe 13 regroupe les performances des 172 enfants inclus dans la thèse pour les différentes tâches. Plusieurs types d'analyses statistiques sont représentés dans ce tableau. Tout d'abord, nous avons rapporté les résultats des tests de conformité, qui prennent en compte le nombre d'enfants sourds ayant des performances inférieures à la limite de l'intervalle des enfants normo-entendants. Bien que ces analyses aient l'avantage de considérer la variabilité typique, elles ne prennent pas en compte l'amplitude de l'écart par rapport à l'intervalle de prédiction des enfants en dehors de l'intervalle. C'est pourquoi nous avons également quantifié, pour chaque enfant sourd, l'écart par rapport à la moyenne prédite pour les enfants NE de même âge. Cet écart est d'abord comparé, pour chaque groupe d'enfants sourds, à la moyenne des enfants normo-entendants

(comparaisons multiples avec une valeur de référence à zéro). Enfin, afin d'analyser les potentielles différences entre les trois groupes d'enfants sourds, des tests de comparaisons multiples ont été réalisés pour comparer l'amplitude de ces écarts en fonction du groupe.

Pour une meilleure lisibilité des résultats, les signes des écarts pour les tâches de dénomination d'images et de répétitions de pseudo-mots ont été inversés (à l'origine, un score plus élevé en détection d'altérations phonologiques représentait une meilleure performance, alors qu'un score d'erreurs plus élevé en dénomination d'images de répétitions de pseudo-mots, représentait une performance plus faible). Ainsi, pour toutes les tâches, les écarts moyens égaux à zéro correspondent aux performances des enfants normo-entendants, tandis que les écarts moyens en dessous de zéro indiquent des performances inférieures à celles des normo-entendants.

Table 3.1.1. Tableau récapitulatif avec les analyses statistiques des cinq tâches expérimentales : nombre d'enfants avec performances en-dessous de la borne inférieure de l'intervalle NE, résultats des tests de conformité par rapport aux NE, écarts moyens par rapport à l'intervalle NE et comparaisons multiples entre groupes (par souci d'homogénéité, les signes des écarts ont été inversés pour les tâches de dénomination d'images et de répétition de pseudo-mots).

	Étude 2	***Étude 3***	***Étude 4***	***Étude 5***	
Tâche expérimentale	**Détection d'altérations phonologiques**	**Dénomination d'images (phonèmes)**	**Répétition de pseudo-mots (phonèmes)**	**Mémoire de travail verbale**	**Mémoire de travail visuo-spatiale**
Nombre d'enfants avec des performances inférieures à la limite de l'intervalle des NE	*AVT : 2/9* *LfPC+ : 2/6* *LfPC- : 12/19*	*AVT : 2/9* *LfPC+ : 3/14* *LfPC- : 10/21*	*AVT : 3/9* *LfPC+ : 5/8* *LfPC- : 14/21*	*AVT : 0/10* *LfPC+ : 0/8* *LfPC- : 3/19*	*AVT : 0/10* *LfPC+ : 0/8* *LfPC- : 0/19*
Tests de conformité par rapport aux NE	**AVT < NE .** **LfPC+ < NE*** **LfPC- < NE*****	**AVT < NE .** **LfPC+ < NE*** **LfPC- < NE*****	**AVT < NE**** **LfPC+ < NE***** **LfPC- < NE*****	AVT = NE LfPC+ = NE **LfPC- = NE**	AVT = NE LfPC+ = NE LfPC- = NE
Écart moyen par rapport à la moyenne prédite des NE	*AVT : -0.47* *LfPC+ : -0.72* *LfPC- : -1.21*	*AVT : -0.17* *LfPC+ : -0.10* *LfPC- : -0.43*	*AVT : -0.78* *LfPC+ : -0.96* *LfPC- : -1.52*	*AVT : -0.21* *LfPC+ : -0.53* *LfPC- : -0.43*	*AVT : -0.35* *LfPC+ : 0.61* *LfPC- : 0.48*
Comparaisons de l'écart moyen[1], par rapport au groupe NE	AVT = NE **LfPC+ < NE .** **LfPC- < NE*****	AVT = NE LfPC+ = NE **LfPC- < NE*****	**AVT < NE .** **LfPC+ < NE*** **LfPC- < NE*****	AVT = NE LfPC+ = NE LfPC- = NE	AVT = NE LfPC+ = NE LfPC- = NE
Comparaisons de l'écart moyen[1], pour les trois groupes d'enfants sourds	AVT = LfPC+ **AVT > LfPC-*** LfPC+ = LfPC-	AVT = LfPC+ AVT = LfPC- **LfPC+ > LfPC-***	AVT = LfPC+ AVT = LfPC-[2] LfPC+ = LfPC-	AVT = LfPC+ AVT = LfPC- LfPC+ = LfPC+	AVT = LfPC+ AVT = LfPC- LfPC+ = LfPC-

Légende : . p ≤ .07 ; *p < .05 ; **p < .01 ; ***p < .001

[1] Comparaisons multiples de l'écart moyen par rapport à la moyenne prédite par les NE.

[2] Mais AVT > LfPC-* pour les consonnes.

La Figure 3.1.1 ci-dessous regroupe les résultats des cinq tâches expérimentales analysées dans le cadre de cette thèse. Le diagramme en radar représente les écarts moyens par rapport à

la moyenne prédite par les NE pour chacun des groupes d'enfants sourds. La moyenne des enfants NE se situe donc à zéro et la partie grisée correspond à la limite des performances inférieures à celle des NE.

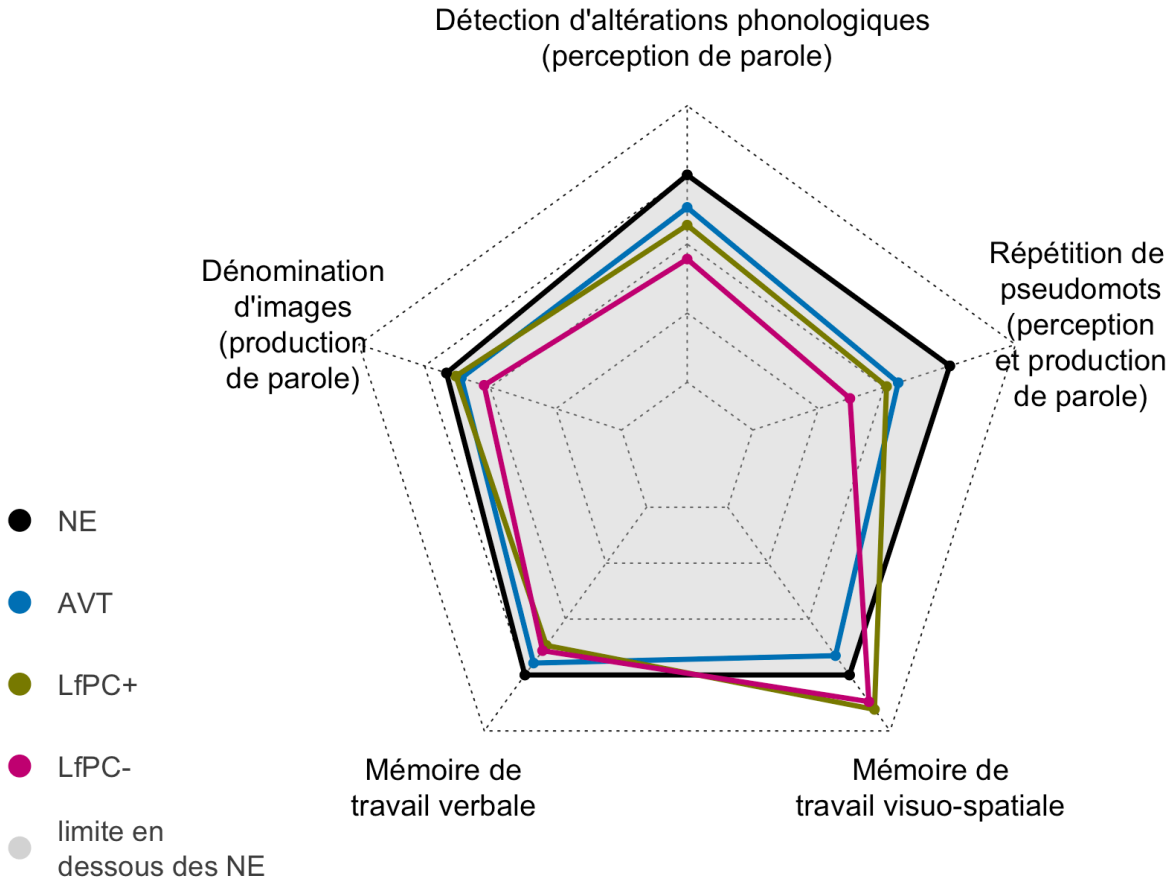


Figure 3.1.1. Diagramme en radar avec les écarts moyens par rapport à l'intervalle pour les cinq tâches expérimentales de la thèse et pour les trois groupes d'enfants sourds.

2. Limites

Malgré des résultats encourageants concernant les bénéfices de l'AVT et la LfPC sur le développement de la parole, certaines limites expérimentales doivent être relevées, notamment en ce qui concerne la taille restreinte de l'échantillon et la variabilité individuelle des enfants ayant participé à nos études.

2.1. Taille de l'échantillon

Cette thèse inclut des données recueillies auprès de 45 enfants sourds porteurs d'implants cochléaires au total. Le nombre d'enfants différait selon les tâches. Le relativement faible nombre d'enfants sourds étudiés dans cette thèse est dû aux contraintes sanitaires liées à la COVID-19 qui ont entravé les passations expérimentales, mais est aussi le résultat de difficultés de recrutement récurrentes dans le domaine de la surdité chez l'enfant. Il s'agit

d'un biais expérimental courant lorsqu'on étudie les compétences linguistiques des enfants sourds (Zaidman-Zait & Dromi, 2007). Par ailleurs, afin de réduire la variabilité individuelle des enfants, des critères d'exclusion et d'inclusion ont été instaurés, portant sur l'âge chronologique des enfants (compris entre 5 et 11 ans), l'utilisation d'aides auditives (au moins un implant cochléaire), le temps d'utilisation de l'implant cochléaire (au minimum 12 mois), les années d'inclusion dans un programme AVT (au moins deux ans), l'absence de trouble associé à la surdité et l'absence d'exposition intensive à une autre langue que le français (qui doit être la langue maternelle). Ainsi, ces critères ont eu un impact sur la taille de l'échantillon. De plus, le nombre d'enfants avec un niveau élevé de décodage de la LfPC est assez faible, malgré les efforts déployés pour le recrutement de participant·e·s. Cette constatation semble refléter la situation actuelle des enfants sourds exposés à ce code en France. En effet, le nombre d'enfants ayant bénéficié d'une exposition à la LfPC suffisamment importante pour développer des compétences élevées en décodage est assez limité. Une hypothèse pourrait être que la récupération auditive, par le biais des implants cochléaires, semble, à première vue, satisfaisante pour avoir accès aux informations auditives et développer certaines compétences linguistiques. De ce fait, les parents et les enfants ne ressentent pas le besoin immédiat d'utiliser ou d'être exposés intensivement à la LfPC. Cependant, les résultats de cette thèse prouvent que cette récupération auditive n'est pas suffisante pour développer des compétences phonologiques dans les normes attendues pour l' âge des enfants. Dans ce contexte, un travail de sensibilisation de la part des professionnel·le·s, à destination des parents, sur la pertinence d'une exposition à la LfPC intensive et précoce semble crucial. Par ailleurs, le faible nombre de participant·e·s dans le groupe AVT peut s'expliquer par le fait que cette thérapie est encore très peu utilisée en France, bien qu'elle tende à se développer de plus en plus.

Enfin, nous n'avons pas réussi à constituer un groupe contrôle d'enfants porteurs d'implants cochléaires jamais exposés à la LfPC et n'ayant pas suivi une thérapie AVT. Afin de renforcer la validité de nos résultats, le recrutement de ce groupe aurait été pertinent. Des recherches futures, incluant davantage de participant·e·s et un groupe contrôle d'enfants porteurs d'implants cochléaires, sont nécessaires.

2.2. Influence d'autres variables sur les performances linguistiques

Les profils des enfants porteurs d'implants cochléaires sont variés. La prise en charge d'un enfant sourd nécessite des ajustements individualisés en permanence, et de nombreuses variables peuvent exercer une influence sur les résultats langagiers de ces enfants.

Premièrement, l'**investissement parental** est une variable très importante. En effet, de nombreuses études ont montré que la participation des parents aux programmes d'intervention précoce auprès des enfants sourds favorise le développement du langage de l'enfant (Calderon, 2000; Moeller et al. 2000). Par ailleurs, des scores élevés d'interactions parent-enfant sont corrélés à une amélioration significative des compétences langagières (expression et compréhension) des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires (Niparko et al., 2010). Les directives nationales soulignent également que les partenariats entre les familles et les professionnel·le·s, y compris l'implication des familles dans les programmes d'intervention précoce, sont essentiels pour le développement du langage (HAS, 2009). Dans nos études, il nous semble envisageable de considérer que l'implication parentale dans les groupes des enfants AVT et LfPC+ est similaire. En effet, du côté des enfants AVT, le *coaching* parental fait partie intégrante de la thérapie et les parents sont présents à chaque séance. Pour que cette thérapie soit efficace, les parents doivent être fortement impliqués et doivent mettre en place des stratégies auditives et verbales pour communiquer avec leur enfant sourd. Du côté des enfants LfPC+, la deuxième étude de cette thèse a montré que l'intensité et la précocité de l'exposition à la LfPC sont des variables déterminantes pour le développement des compétences en décodage de la LfPC. Par conséquent, il est essentiel que les parents exposent intensivement leur enfant à ce code dès que possible. Les enfants atteignant un niveau élevé de décodage de la LfPC pourraient être ceux dont les parents ont le plus investi cet outil, démontrant ainsi une implication parentale élevée. Toutefois, il aurait été intéressant d'objectiver et de mesurer cet investissement parental en utilisant des questionnaires ou des observations comportementales. De nombreuses études proposent des outils pour mesurer la qualité des interactions parentales (voir Curtin et al. 2021 pour une revue systématique). Cependant, les outils répertoriés dans cette revue ciblent les enfants âgés de 0 à 3 ans, ce qui n'est pas pertinent pour les enfants de notre tranche d'âge expérimentale (5 à 11 ans). Il existe très peu d'outils pour évaluer l'investissement parental chez les enfants sourds de cette tranche d'âge. De plus, même si des auto-évaluations parentales peuvent être pertinentes dans certains cas, elles représentent une validité plus faible (Wittkowski et al., 2017). Dans ce contexte, une alternative pourrait être l'utilisation de questionnaires à destination des professionnel·le·s. Néanmoins, de nombreux enfants ayant participé à nos études ne sont plus suivis en orthophonie et n'ont que quelques contacts ponctuels avec certain·e·s professionnel·le·s, par exemple lors des visites au service d'implantation pour des réglages d'implants. L'utilisation de questionnaires à destination de professionnel·le·s semble ainsi être peu adaptée dans le cadre de notre étude. Par ailleurs, des enregistrements audio en contexte familial (par exemple avec le système LENA, Language ENvironment Analysis

system) sont parfois utilisés en recherche clinique pour recueillir des informations précises sur les interactions vocales entre le parent et son enfant dans un environnement écologique. Cependant, outre le fait que cette pratique pose des questions d'ordre éthique, le système LENA ne permet pas de recueillir d'informations visuelles (comme les indices visuo-manuels de la LfPC), qui sont pourtant très importantes pour notre étude. Par conséquent, nous nous interrogeons sur la manière la plus efficace et objective de recueillir des informations sur cet investissement parental dans le cadre de notre recherche.

Deuxièmement, en lien avec l'implication parentale, le **milieu socio-économique** dans lequel l'enfant évolue est également une variable à prendre en compte, car elle peut avoir un impact sur le développement de la parole de l'enfant. Certaines études ont montré qu'il existe une corrélation entre le statut socio-économique de la famille et les compétences linguistiques des enfants sourds (par exemple, Nittrouer et al., 2012). Cependant, une autre étude a montré que les parents peuvent être entraînés à l'utilisation de stratégies linguistiques appropriées, quel que soit leur milieu socio-économique, et que ces stratégies ont un impact positif sur le développement langagier des enfants sourds (Cruz et al., 2013). En effet, dans cette étude, les auteur·e·s observent qu'une plus grande utilisation de stratégies linguistiques de haut niveau par les parents, telles que la reformulation ou l'utilisation de questions ouvertes, est associée à un meilleur développement du langage expressif chez l'enfant sourd. De ce fait, la thérapie AVT pourrait être un moyen d'inciter les parents à utiliser des stratégies et des modèles linguistiques adaptés à leur enfant sourd, quel que soit le milieu socio-économique de la famille. Néanmoins, de nombreuses études ont montré une forte corrélation entre le statut socio-économique des parents et la qualité des interactions parent-enfant (Hammer & Weiss, 1999 ; Hoff-Ginsberg, 1991; Vasilyeva et al., 2008). Dans le cadre de cette thèse, des informations relatives à la profession des parents de nos participant·e·s ont été collectées et converties en utilisant la typologie de l'INSEE[18]. Cependant, ces catégories sont difficiles à interpréter en termes de statut socio-économique (Pierru, 2008). Il serait intéressant de mener des études complémentaires pour vérifier (ou non) l'influence du statut socio-économique sur nos données.

Troisièmement, une autre variable susceptible d'influencer les performances linguistiques des enfants sourds, et plus précisément des enfants AVT, est la **spécialisation des thérapeutes LSLS certifié·e·s AVT**. En effet, après avoir obtenu leur diplôme d'orthophonie, ces thérapeutes sont amené·e·s à suivre une formation de 3 à 5 ans pour se spécialiser dans les

[18] https://www.insee.fr/fr/information/2406153

domaines de l'audiologie, de l'acquisition du langage, du développement de la parole et du développement de la cognition. Au cours de cette formation, les thérapeutes renforcent leurs compétences pour établir une collaboration étroite avec les parents et la famille (Fitzpatrick et al., 2012). Ainsi, les thérapeutes certifié·e·s AVT pourraient être davantage spécialisé·e·s dans le domaine de la surdité et dans la collaboration avec les parents par rapport aux orthophonistes non certifié·e·s AVT. Cependant, à ce jour, il n'existe pas de formation francophone pour devenir thérapeute LSLS certifié·e·s AVT. Les rares professionnel·le·s en France et en Belgique que nous avons rencontrées (au nombre de 5) ont toutes été contraintes de suivre une formation dispensée au Royaume-Uni, à distance, requérant de parler et comprendre correctement l'anglais.

Quatrièmement, l'**âge auditif** correspond à la période d'exposition réelle aux sons de la parole par l'intermédiaire du système auditif. Certaines études montrent que c'est un facteur important dans le développement de la parole et des compétences linguistiques (Nicholas & Geers, 2007; Tavakoli et al., 2015; Flipsen & Kangas, 2014). L'étude de Nicholas et Geers (2006) montre une amélioration des compétences linguistiques chez les enfants sourds à mesure que la durée d'utilisation de l'implant cochléaire augmentait, particulièrement au-delà de la première année d'utilisation. Ainsi, il aurait été judicieux dans nos propres analyses de prendre en compte l'âge auditif des enfants, en plus de l'âge chronologique. Cependant, celui-ci est difficile à définir. Certaines personnes considèrent que l'âge auditif correspond au moment de la mise en place des aides auditives, tandis que d'autres estiment que c'est l'âge au moment de la première implantation cochléaire qui correspond à l'âge auditif. Par ailleurs, notre échantillon comprenait des enfants âgés de 5 à 11 ans avec, pour certains, un âge d'implantation plutôt tardif. Par exemple, un enfant de notre échantillon était âgé de 111 mois et a reçu sa première implantation cochléaire à l'âge de 85 mois. Celui-ci présente donc un âge auditif depuis l'IC de 26 mois. Dans ce contexte, il serait erroné de comparer cet enfant par rapport aux enfants normo-entendants de 26 mois, étant donné son âge chronologique avancé et la potentielle utilisation d'aides auditives avant l'implant cochléaire.

Cinquièmement, l'**âge d'implantation** est une variable cruciale pour le développement du langage de l'enfant sourd (cf. voir chapitre 1.2.2 sur le développement de la perception de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires). Même si statistiquement, il n'y avait pas de différence significative entre nos trois groupes d'enfants sourds et que l'âge de la première implantation cochléaire n'a influencé statistiquement aucun de nos résultats, nous observons des différences quantitatives entre les groupes AVT, LfPC+, et LfPC-. En effet, les enfants AVT présentaient une moyenne d'âge d'implantation cochléaire plus précoce que celle des

groupes LfPC+ et LfPC-. Cette différence quantitative a pu avoir un impact sur les performances langagières des enfants sourds de notre échantillon que des études ultérieures pourront évaluer.

Pour terminer, le nombre d'enfants avec **deux implants cochléaires ou un seul implant cochléaire** était différent dans nos trois groupes d'enfants sourds. En effet, tous les enfants du groupe AVT avaient des implants cochléaires bilatéraux, tandis que quatre enfants du groupe LfPC+ et deux enfants du groupe LfPC- avaient un appareillage bimodal (un implant cochléaire d'un côté et un appareil auditif classique d'autre côté). Dans nos études, le faible nombre d'enfants ayant un appareillage bimodal n'a pas permis de comparer les différents types d'implantation. Il est, cependant, important de garder à l'esprit que certaines études suggèrent que l'écoute bilatérale par l'intermédiaire de deux implants cochléaires améliore les performances de perception de la parole par rapport à l'écoute bimodale (Sturm et al., 2020).

2.3. Caractère post-interventionnel de l'étude

Une autre limite de cette étude réside dans le fait qu'elle a été menée après la mise en place des différentes interventions langagières. Une approche longitudinale randomisée, mesurant les progrès de l'enfant avant et après l'intervention, permettrait de décrire plus précisément les effets de ces interventions sur le développement de la parole chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Cependant, la mise en place de ce genre d'étude demeure très complexe. En effet, la randomisation dans le contexte clinique de la surdité présente des enjeux éthiques et semble difficilement envisageable, étant donné que le choix de l'AVT ou de la LfPC doit être une décision libre de la part des parents. Malgré les défis inhérents à la mise en place d'une étude longitudinale avec les enfants sourds (complexité logistique, perte de participant·e·s, biais de suivis, etc.), celle-ci semble être une perspective prometteuse pour approfondir notre compréhension des bénéfices des différentes approches thérapeutiques chez les enfants sourds.

3. Applications cliniques et implications sociétales et politiques

3.1. Applications cliniques

Les applications cliniques des résultats obtenus dans cette thèse sont multiples.

Tout d'abord, les études expérimentales menées dans le cadre de cette thèse confirment que l'implantation cochléaire seule n'est pas suffisante pour développer une perception et une production de parole identiques à celles des enfants normo-entendants. Il est donc nécessaire

de mettre en place des stratégies et des outils d'aide à la communication pour soutenir le développement de la parole des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires.

De plus, la première étude de cette thèse apporte des données quantitatives sur les différents outils et méthodes utilisés par les professionnel·le·s et les parents d'enfants sourds sur la période entre février et septembre 2021, en France. Cette étude nous a également permis de recueillir des témoignages de parents sur la satisfaction et les progrès observés lors de l'utilisation de ces outils et méthodes. Il est important de vérifier que les parents sont satisfaits et observent des progrès langagiers, car ces variables sont susceptibles de conditionner l'utilisation ultérieure de ces outils. En effet, nous émettons l'hypothèse que le pourcentage de satisfaction pourrait avoir une influence sur l'investissement parental et, à terme, sur le développement langagier de l'enfant sourd.

Parmi les options de communication qui peuvent être proposées aux parents, l'AVT semble être une solution envisageable pour les parents qui optent pour la communication vocale avec leur enfant, étant donné les bénéfices de cette thérapie sur le développement de la parole. Une autre option pour les parents d'enfants sourds qui choisissent un mode de communication vocal est l'exposition à la Langue française Parlée Complétée. En effet, même si cet outil est initialement conçu pour favoriser la perception de parole en rendant visibles tous les phonèmes du français, il semblerait que ce soit également un outil qui améliore la production de parole. En revanche, pour que l'enfant développe de meilleures compétences en perception et production de parole, il est important que celui-ci atteigne un niveau élevé de décodage de la LfPC. Les variables qui influencent ce niveau sont liées à l'exposition quotidienne, précoce et intensive de ce code. Cela soulève la question de savoir si, quelle que soit l'approche, l'implication parentale ne constitue pas la variable la plus cruciale à prendre en compte par les cliniciens (comme discuté dans la section sur les limites de la thèse). Il semble que le partenariat avec le parent et la mise en place d'une relation de confiance entre celui-ci et le·la thérapeute soient indispensables.

Enfin, cette thèse révèle l'importance de l'objectivité de la part du·de la clinicien·ne lors de la proposition des options de communication aux parents. Même si les professionnel·le·s se doivent de présenter toutes les options de communication de manière claire et objective aux parents, des témoignages de parents montrent que dans la réalité, il arrive que le choix d'un outil de communication soit influencé par les croyances personnelles des professionnel·le·s, par leur formation, ainsi que par les politiques locales et nationales concernant le développement du langage chez les enfants sourds. En effet, de nombreux parents qui utilisent

l'AVT rapportent que les professionnel·le·s ne les ont pas soutenus dans leur choix thérapeutique et ont essayé de les dissuader d'utiliser cette méthode. Il existe de nombreuses fausses croyances ou mauvaises compréhensions de la part des professionnel·le·s concernant l'AVT. Par exemple, certain·e·s pensent que les thérapeutes cachent systématiquement les lèvres et privent l'enfant de lecture labiale pendant toute la séance. Cependant, ce n'est pas le cas en réalité, et l'enfant a bien accès aux indices labiaux la plupart du temps. Cette mauvaise connaissance des objectifs de chaque méthode peut parfois limiter la diversité des options proposées aux familles et conduire à des choix thérapeutiques moins adaptés aux besoins linguistiques de l'enfant et de sa famille. Il est donc crucial de surmonter les barrières idéologiques et de proposer des méthodes et outils de communication qui soient réalistes et qui répondent aux besoins des parents et des enfants. Enfin, il est très important de mieux informer les professionnel·le·s sur le fonctionnement de l'AVT lors de la formation continue ou initiale, étant donné que, selon notre sondage, plus de la moitié des professionnel·le·s en France ne connaissent pas cette thérapie.

3.2. Implications sociétales

En plus des applications cliniques, ce travail soulève également des questionnements sociétaux concernant la mise en place de ces outils et méthodes. En effet, la LfPC et l'AVT semblent également se différencier dans leur vision de l'intégration et de l'inclusion des enfants sourds dans le milieu normo-entendant.

Selon Weill (2011), la LfPC agit comme un catalyseur de l'inclusion de l'enfant sourd en milieu normo-entendant, ce qui lui permet une meilleure autonomie et un meilleur épanouissement. Ce code participe également à rendre visible la surdité et à encourager les personnes normo-entendantes à mettre en place un environnement linguistique adapté aux personnes sourdes (par exemple, en respectant davantage le tour de parole, en se mettant en face de la personne lorsque c'est possible, etc.). En effet, la présence d'un·e codeur·euse en classe ou lors des réunions alerte les autres personnes sur la présence de personnes sourdes. Il est également important de préciser que même si ce code permet aux enfants et adultes sourds un meilleur confort d'écoute et de compréhension des messages oraux, ces personnes ne sont pas dépendantes du code. En effet, elles parviennent à s'intégrer dans le milieu normo-entendant même si cet outil n'est pas constamment disponible, notamment grâce à leurs compétences en perception de parole et en lecture labiale développées par leur exposition au code (Aparicio et al., 2012; Leybaert et al., 2020).

Concernant l'AVT, selon les témoignages recueillis lors de la première étude, les parents utilisant cette thérapie semblent avoir une vision différente de la surdité de leur enfant, et de nombreux parents évoquent qu'ils souhaitent que leur enfant sourd « rattrape son retard linguistique » et qu'il ait les mêmes opportunités que les enfants entendants. Cependant, dans la réalité, malgré les aides auditives et les approches de rééducation, des difficultés langagières peuvent persister. Par ailleurs, l'enquête du CISIC (2021) révèle que 82% des enfants porteurs d'implants cochléaires ressentent une fatigue intellectuelle et physique en fin de journée. Dès lors, nous nous interrogeons sur la fatigabilité des enfants utilisant un programme d'intervention centré sur l'audition. En effet, il se peut que ces enfants doivent fournir un travail d'adaptation et de suppléance mentale plus important pour s'intégrer dans le milieu des enfants normo-entendants.

Ainsi, ces travaux alimentent le débat sur l'inclusion et l'intégration scolaire des enfants sourds. En France, l'école se doit d'être inclusive et chaque enfant sourd peut bénéficier d'un projet personnalisé de scolarisation avec des aménagements adaptés à celui-ci (par exemple, matériel pédagogique adapté, aide humaine à la communication, aide humaine individuelle ou mutualisée, ou encore appui de professionnel·le·s de la surdité). L'usage de l'AVT ou de la LfPC suscite des interrogations concernant la personne ou l'établissement en charge de s'adapter aux besoins de l'enfant. Faut-il que l'école crée un environnement linguistique adapté à l'enfant en lui offrant la possibilité d'avoir un·e codeur·euse en classe ? Ou bien, est-ce à l'enfant lui-même, en collaboration avec les thérapeutes et la famille, de consentir à un effort d'écoute plus important pour accéder aux informations en classe ?

3.3. Implications politiques

Ce projet de thèse présente également des implications politiques concernant l'élaboration des recommandations nationales de bonnes pratiques pour la rééducation orthophonique des enfants sourds. Nous nous questionnons sur le rôle de la recherche dans le processus décisionnel des recommandations nationales et sur la manière dont une politique de prise en charge est définie. Étant donné que les recommandations nationales de bonnes pratiques en lien avec la surdité de l'enfant datent de 2009, une nouvelle version de ces recommandations est souhaitable, au vu des progrès technologiques des implants cochléaires et de l'arrivée du dépistage systématique néonatal de la surdité en 2012. Il est essentiel que les chercheur·e·s se saisissent de ces questions et se mobilisent pour appréhender les implications politiques de leurs travaux de recherche.

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet Comm4CHILD (https://comm4child.ulb.be/), un projet européen mettant en œuvre une approche innovante pour soutenir les compétences en communication et l'intégration sociale des enfants sourds, en tenant compte de la grande hétérogénéité interindividuelle liée à la plasticité cérébrale, aux ressources cognitives et aux compétences linguistiques des enfants sourds. Ce projet regroupe des personnel·le·s de la recherche universitaire, des clinicien·e·s, des praticien·ne·s hospitaliers, des personnes travaillant dans la recherche appliquée et dans l'industrie, des associations et des parents d'enfants sourds. Au vu de la diversité des acteur·rice·s et des différents points de vue concernant la surdité révélés par ce projet, il est important de diffuser les résultats de ces travaux auprès du grand public, mais aussi auprès des décideurs des politiques publiques, notamment en santé et en éducation. Cela permettra de garantir à terme que les politiques locales intègrent les nouvelles recommandations issues de la recherche scientifique.

4. Perspectives futures

À partir des résultats, des limites, des applications cliniques et des implications sociétales et politiques, nous souhaitons proposer quelques perspectives futures pour la suite de nos travaux de recherche.

Pour commencer, en lien avec les questionnements sur la fatigabilité des enfants sourds, il nous paraît pertinent de mener des **études de perception de parole dans le bruit** afin de mesurer la manière dont les enfants perçoivent la parole dans des environnements d'écoute complexe, notamment dans les conditions de classe. En effet, le bruit, la réverbération et la distance entre le·la locuteur·ice et l'auditeur·ice peuvent avoir des effets néfastes sur la perception de la parole dans les salles de classe, en particulier pour les personnes sourdes (Crandall & Smaldino, 2000). Bien que certains enfants sourds parviennent à avoir des performances en perception de parole dans le calme identiques à celles des enfants normo-entendants, des difficultés plus importantes en perception de parole dans le bruit ont été observées (Glista et al., 2009; Schafer & Thibodeau, 2006). Des études ont montré qu'une exposition à la LfPC a un impact positif sur la perception de parole dans des conditions bruyantes chez les enfants porteurs d'implants cochléaires (Bayard et al. 2019 ; Nouelle, 2005). En revanche, à notre connaissance, nous ne disposons d'aucune information concernant les performances des enfants AVT sur la perception de parole dans le bruit. Dans ce contexte, il serait intéressant de mener des études complémentaires dans des environnements bruyants pour mesurer les performances des enfants porteurs d'implants

cochléaires se référant principalement à la modalité auditive, lorsque celle-ci est dégradée et moins disponible.

Par ailleurs, au vu des limites expérimentales et des variables susceptibles d'influencer les résultats, cette étude ne répond pas tout à fait à notre question de recherche : « est-ce que les approches qui renforcent l'audition (comme l'AVT) et les approches multisensorielles (comme la LfPC) peuvent être efficaces pour soutenir le développement de la parole chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires ? ». En effet, au vu de l'importance de l'investissement parental, cette variable risque d'être un facteur confondant sur les résultats. Les études portant sur l'apport d'une approche multisensorielle avec les enfants sourds sont nombreuses et montrent des bénéfices de l'utilisation conjointe de la vision et de l'audition pour le développement de la parole (Machart et al. 2022 ; Clarke & Ling, 1976 ; Nicholls & Ling, 1982 ; Périer et al., 1990). Cependant, la question de l'apport d'une approche qui renforce spécifiquement l'audition reste ouverte. Pour répondre à cette question de recherche, une **étude portant sur l'apport d'un entrainement auditif** sur le développement de la parole chez les enfants porteurs d'implants cochléaires peut être pertinente. La revue systématique de Stropahl et al. (2020) montre que la majorité des études examinées dans cette revue soulignent qu'un entrainement auditif informatisé ou en ligne (avec gamification) chez les adultes sourds ont un impact positif sur les performances en perception de parole des adultes sourds (Olson et al. 2013 ; Anderson et al., 2013 ; Morais et al., 2015). Par ailleurs, une étude a montré que cet entrainement auditif a une influence positive sur le temps du port des aides auditives (Abrams et al, 2015). Ainsi, l'entrainement auditif pourrait être un facteur pertinent pour améliorer la satisfaction et l'acceptation des aides auditives et la confiance en soi. En revanche, certaines études n'ont pas montré de bénéfice de l'entrainement auditif sur la perception de parole ou la cognition (Sanders 2016 ; Abrams et al, 2015). Selon la revue systématique de Henshaw et Ferguson (2013), il existe peu de preuves convaincantes indiquant que les avantages de l'entraînement auditif se généralisent au-delà de la tâche spécifique sur laquelle l'entraînement a été effectué et de l'évaluation associée. Il serait donc intéressant de mener des études sur les bénéfices d'un entrainement auditif intensif (comprenant plusieurs séances pendant plusieurs semaines) avec les enfants sourds et ainsi, corroborer (ou non) les études qui suggèrent un avantage de celui-ci sur la perception de parole.

De plus, certains arguments en faveur de la théorie du renforcement de l'audition pour soutenir le développement de parole de l'enfant sourd concernent le développement du cortex

auditif. En effet, des documents et des ouvrages consacrés à l'AVT soutiennent que le renforcement des compétences auditives pourrait favoriser le développement du cortex auditif et des aires auditives (Cole & Flexer, 2020 ; Rotfleisch & Martindale, 2021). Dès lors, des **études d'imagerie cérébrale** telles que l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), l'électro-encéphalographie (EEG), ou la magnéto-encéphalographie (MEG) peuvent être intéressantes pour étudier les connexions neuronales et le développement du cortex auditif chez les enfants inscrits dans une thérapie centrée sur l'audition.

Enfin, initialement, nous avions prévu, dans notre protocole expérimental, d'administrer une tâche de **conscience phonologique** afin de mesurer les représentations phonologiques des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Nous avons utilisé la tâche d'extraction phonologique de la batterie THaPho (Ecalle, 2007) car cette tâche présente l'avantage d'utiliser des images, limitant ainsi l'utilisation des compétences auditives. Cependant, étant donné la longueur de la passation (45 minutes au total), de nombreux enfants sourds n'ont finalement pas effectué cette dernière tâche. Dans ce contexte, les résultats n'ont pas pu être analysés par manque de participant·e·s. Il serait pourtant intéressant d'avoir des données concernant les représentations phonologiques des enfants sourds. Une hypothèse compatible avec nos travaux est que les représentations phonologiques qui émergent au cours du développement du langage sont de nature abstraite ou amodale et qu'un renforcement auditif ou audiovisuel puisse contribuer de manière significative à leur construction. Ainsi, nous pensons que si l'enfant reçoit une stimulation linguistique adéquate (que ce soit à travers la modalité auditive ou visuelle), il aura plus de chances de développer des représentations phonologiques suffisamment spécifiées. Des études futures doivent être réalisées afin de confirmer ou infirmer cette hypothèse.

5. Conclusion

En France, il existe une diversité considérable d'outils et de méthodes d'aide à la communication utilisés en clinique, rendant difficile le recensement des pratiques actuelles par les professionnel·le·s. Le premier axe de cette thèse consistait donc à faire un état des lieux des outils et méthodes les plus et les moins utilisés en France, en 2021, en mettant l'accent sur trois outils pouvant être investis par les parents et les professionnel·le·s : le Français Signé, la Langue française Parlée Compétée (LfPC) et l'Auditory Verbal Therapy (AVT).

Le deuxième axe de ce travail de thèse portait sur le développement de la parole et de la mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires âgés de 5 à 11 ans. Cet axe a permis de mesurer les contributions de deux approches de rééducation orthophonique qui soutiennent l'acquisition de la phonologie (AVT et LfPC). A notre connaissance, aucune étude n'a évalué les bénéfices de l'AVT sur le développement de la parole d'enfants sourds francophones. Par ailleurs, un nombre limité d'études se sont penchées sur les bénéfices de la LfPC sur les compétences phonologiques perceptives audiovisuelles (sans les clés manuelles) et sur la production phonémique. Nos données font partie des rares études ayant examiné la relation entre les compétences en décodage de la LfPC et le développement de la parole des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Enfin, il est à noter que la littérature scientifique présente des contradictions en ce qui concerne le développement de la mémoire de travail des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires et aucune étude n'a mesuré spécifiquement les apports de la LfPC ou de l'AVT sur le développement de la mémoire de travail (verbale ou visuo-spatiale).

Les conclusions de ces études indiquent qu'une approche de rééducation multisensorielle ou centrée sur l'audition peut améliorer les compétences en perception et production de parole des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires âgés de 5 à 11 ans. Dans ce contexte, ces deux approches d'interventions précoces peuvent apporter des bénéfices à plus long terme, allant au-delà de la petite enfance. En effet, les enfants inscrits à un programme AVT et ceux ayant un niveau élevé de décodage de la LfPC (LfPC+) ont de meilleures performances que les enfants ayant un faible niveau de décodage de la LfPC. Par ailleurs, les compétences phonologiques des enfants AVT et LfPC+ sont similaires pour certaines tâches à celles des enfants normo-entendants, ce qui n'est pas le cas des enfants LfPC- dont les compétences phonologiques sont déficitaires. Nos résultats soulignent également que, contrairement à la tâche classique de dénomination d'images, la tâche de répétition de pseudo-mots développée dans la batterie EULALIES est une tâche particulièrement difficile pour les enfants sourds, et donc plus sensible. Ceci met en évidence la nécessité de mesurer les compétences phonologiques des enfants sourds à partir de différentes tâches de production et de perception de parole. Enfin, les données issues de cette thèse ne relèvent aucun déficit en mémoire de travail verbale et visuo-spatiale chez les enfants sourds, indépendamment du type de rééducation langagière adopté par les parents.

Pour conclure, ces résultats confirment que l'implantation cochléaire seule ne permet pas aux enfants sourds de développer des compétences phonologiques similaires à celle des enfants normo-entendants. Compte tenu du rôle des compétences phonologiques dans les

apprentissages scolaires ultérieurs (comme l'apprentissage du langage écrit, Wagner & Torgesen, 1987), il est essentiel que les professionnel·le·s qui prennent en charge des enfants sourds prennent en compte les limites de la perception de parole par le biais de l'implant cochléaire. Des approches spécifiques de rééducation langagière, en partenariat avec l'école et la famille, doivent être envisagées, tout en fournissant aux parents toutes les options de communication disponibles le plus tôt possible. En effet, l'investissement parental joue un rôle prédominant dans le développement linguistique d'un enfant. L'implication des parents dans les programmes d'interventions langagiers revêt une grande importance et il convient de la prendre en compte.

Enfin, nous espérons que les acteur·rice·s de terrain et les politiques publiques sauront se saisir des implications qui découlent de nos travaux, même si ces derniers devront être répliqués et complétés pour répondre à certaines questions en suspens.

REFERENCES

Abrams, H. B., Bock, K., & Irey, R. L. (2015). Can a Remotely Delivered Auditory Training Program Improve Speech-in-Noise Understanding? *American Journal of Audiology*, *24*(3), 333–337. https://doi.org/10.1044/2015_AJA-15-0002

AG Bell Academy (2018). *The AG Bell Academy for Listening and Spoken Language.– Principles of LSL Specialists*. https://agbellacademy.org/certification/principles-of-lsl-specialists/

Alawad, H., & Musyoka, M. (2018). Examining the Effectiveness of Fingerspelling in Improving the Vocabulary and Literacy Skills of Deaf Students. *Creative Education*, *09*, 456–468. https://doi.org/10.4236/ce.2018.93032

Alegria, 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

Ambrose, S. E., Appenzeller, M., Mai, A., & DesJardin, J. L. (2020). Beliefs and Self-Efficacy of Parents of Young Children with Hearing Loss. *Journal of Early Hearing Detection and Intervention*, *5*(1), 73.

Anderson, I., Weichbold, V., D'Haese, P. S. C., Szuchnik, J., Quevedo, M. S., Martin, J., Dieler, W. S., & Phillips, L. (2004). Cochlear implantation in children under the age of two—What do the outcomes show us? *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *68*(4), 425–431. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2003.11.013

Anderson, S., White-Schwoch, T., Choi, H. J., & Kraus, N. (2013). Training changes processing of speech cues in older adults with hearing loss. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *7*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnsys.2013.00097

André-Faber, C. (2006). *Langue en Mouvements: Méthode de sensibilisation à la phonologie du français.* Cortil-Wodon, Belgique : Editions modulaires européennes.

Aparicio, M., Peigneux, P., Charlier, B., Neyrat, C., & Leybaert, J. (2012). Early experience of Cued Speech enhances speechreading performance in deaf. *Scandinavian Journal of Psychology*, *53*(1), 41–46. https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2011.00919.x

Aprilia, J., & Mangunsong, F. M. (2020). Visual-spatial Working Memory Span of Indonesian Children with Deafness in Oral, Total, and Sign Language Communication Methods. *Psychological Research on Urban Society*, *3*(2), 97. https://doi.org/10.7454/proust.v3i2.93

Arnold, P., & Hill, F. (2001). Bisensory augmentation: A speechreading advantage when speech is clearly audible and intact. *British Journal of Psychology*, *92*, 339–355. https://doi.org/10.1348/000712601162220

Asp, C. W., & Guberina, P. (1981). *Verbo-tonal Method for Rehabilitating People with Communication Problems*. International Exchange of Information in Rehabilitation, World Rehabilitation Fund.

Attina, V., Cathiard, M.-A., & Beautemps, D. (2005). Temporal measures of hand and speech coordination during French Cued Speech production. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, *3881*, 13.

Baart, M., & Samuel, A. G. (2015). Turning a blind eye to the lexicon: ERPs show no cross-talk between lip-read and lexical context during speech sound processing. *Journal of Memory and Language*, *85*, 42–59. https://doi.org/10.1016/j.jml.2015.06.008

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

Baddeley, A. D. (1990). The development of the concept of working memory: Implications and contributions of neuropsychology. In *Neuropsychological impairments of short-term memory* (pp. 54–73). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511665547

Baddeley, A., Hitch, G., & Allen, R. (2021). A multicomponent model of working memory. In R. H. Logie, V. Camos, & N. Cowan (Eds.), Working memory: State of the science (pp. 10–43). *Oxford University Press*. https://doi.org/10.1093/oso/9780198842286.003.0002.

Baddeley, A. Developing the Concept of Working Memory: The Role of Neuropsychology, *Archives of Clinical Neuropsychology*, Volume 36, Issue 6, September 2021, Pages 861–873, https://doi.org/10.1093/arclin/acab060

Barrouillet, P., Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time Constraints and Resource Sharing in Adults' Working Memory Spans. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(1), 83–100. https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.83

Barrouillet, P., & Camos, V. (2010). Working memory and executive control: A time-based resource-sharing account. *Psychologica Belgica, 50*(3-4), 353–382. https://doi.org/10.5334/pb-50-3-4-353

Barrouillet, P., & Camos, V. (2010). Working memory and executive function: the TBRS approach. *Psychological Belgica*, 50(3&4), 353–382.

Basirat, A. (2017). Word segmentation in phonemically identical and prosodically different sequences using cochlear implants: A case study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *31*(6), 478–485. https://doi.org/10.1080/02699206.2017.1283708

Basirat, A., Brunellière, A., & Hartsuiker, R. (2018). The role of audiovisual speech in the early stages of lexical processing as revealed by the ERP word repetition effect. *Language Learning*, *68*(1), 80–101. https://doi.org/10.1111/lang.12265

Bayard, C., Machart, L., Strauß, A., Gerber, S., Aubanel, V., & Schwartz, J.-L. (2019). Cued Speech Enhances Speech-in-Noise Perception. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *24*(3), 223–233. https://doi.org/10.1093/deafed/enz003

Beatrijs, W., Kristiane, V. L., & Mieke, V. H. (2019). Parental strategies used in communication with their deaf infants. *Child Language Teaching and Therapy*, *35*(2), 165–183. https://doi.org/10.1177/0265659019852664

Beebe, H. (1978). Deaf children can learn to hear. *Journal of Communication Disorders*, *11*(2), 193–200. https://doi.org/10.1016/0021-9924(78)90011-4

Bergeron, F., Berland, A., Demers, D., & Gobeil, S. (2020). Contemporary Speech and Oral Language Care for Deaf and Hard-of-Hearing Children Using Hearing Devices. *Journal of Clinical Medicine*, *9*(2). https://doi.org/10.3390/jcm9020378

Bergeson, T. R., Pisoni, D. B., & Davis, R. A. O. (2003). A Longitudinal Study of Audiovisual Speech Perception by Children with Hearing Loss Who have Cochlear Implants. *The Volta Review*, *103*(4), 347–370.

Bergeson, T. R., Pisoni, D. B., & Davis, R. A. O. (2005). Development of Audiovisual Comprehension Skills in Prelingually Deaf Children With Cochlear Implants. *Ear and Hearing*, *26*(2), 149–164.

Bernstein, L. E., Tucker, P. E., & Demorest, M. E. (2000). Speech perception without hearing. *Perception & Psychophysics*, *62*(2), 233–252. https://doi.org/10.3758/BF03205546

Bharadwaj, H. M., Masud, S., Mehraei, G., Verhulst, S., & Shinn-Cunningham, B. G. (2015). Individual Differences Reveal Correlates of Hidden Hearing Deficits. *Journal of Neuroscience*, *35*(5), 2161–2172. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3915-14.2015

Binnie, C. A., Montgomery, A. A., & Jackson, P. L. (1974). Auditory and visual contributions to the perception of consonants. *Journal of Speech and Hearing Research*, *17*(4), 619–630. https://doi.org/10.1044/jshr.1704.619

Binos, P., Nirgianaki, E., & Psillas, G. (2021). How Effective Is Auditory-Verbal Therapy (AVT) for Building Language Development of Children with Cochlear Implants? A Systematic Review. *Life*, *11*(3), 239. https://doi.org/10.3390/life11030239

Borel, S. (2015). *Perception auditive, visuelle et audiovisuelle des voyelles nasales par les adultes devenus sourds. Lecture labiale, implant cochléaire, implant du tronc cérébral.* [Thèse de doctorat, Sorbonne Paris Cité]. https://www.theses.fr/2015USPCA016

Borel, S., Serniclaes, W., Sterkers, O., & Vaissiere, J. (2019). Identification of nasal consonants and nasal vowels by French adults cochlear implant listeners. *Audiology Direct*, 1. https://doi.org/10.1051/audiodir/201903001

Borel-Maisonny, S. (2019). *Langage oral et écrit : Pédagogie des notions de base*. ESF Sciences humaines, Bien lire.

Bouccara, D., Avan, P., Mosnier, I., Bozorg Grayeli, A., Ferrary, E., & Sterkers, O. (2005). Réhabilitation auditive [Auditory rehabilitation]. *Medecine sciences : M/S*, *21*(2), 190–197. https://doi.org/10.1051/medsci/2005212190

Bouchard, M.-E., Le Normand, M.-T., & Cohen, H. (2007). Production of consonants by prelingually deaf children with cochlear implants. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *21*, 875–884. https://doi.org/10.1080/02699200701653634

Bouton, S., Serniclaes, W., Bertoncini, J., & Colé, P. (2011). Perception of Speech Features by French-Speaking Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research : JSLHR*, *55*, 139–153. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0330)

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 : JSLHR*, *55*(1), 139–153. 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 : Étude de la perception catégorielle des configurations manuelles en LSF et réflexion sur la transcription des langues des signes* [Thèse de doctorat, Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis].

Busquet, D., & Descourtieux, C. (2000). TERMO Test d'évaluation de la réception du message oral par l'enfant sourd. Unithèque. https://www.unitheque.com/termo-test-evaluation-reception-message-oralpar-enfant-sourd/ortho/Livre/4074

Calderon, R. (2000). Parental Involvement in Deaf Children's Education Programs as a Predictor of Child's Language, Early Reading, and Social-Emotional Development. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *5*(2), 140–155. https://doi.org/10.1093/deafed/5.2.140

Casserly, E. D., & Pisoni, D. B. (2010). Speech perception and production. *WIREs Cognitive Science*, *1*(5), 629–647. https://doi.org/10.1002/wcs.63

Charlier, B. (2020). Communication et qualité de vie. In Leybaert, J. & Borel, S. (eds), Surdité de l'enfant et de l'adulte, De Boeck Supérieur, p. 99-120.

Charlier, B. (1992). Complete Signed and Cued French: An Original Signed Language-Cued Speech Combination. *American Annals of the Deaf*, *137*(4). https://doi.org/10.1353/aad.2012.0441

Charlier, B., & Leybaert, J. (2000). The rhyming skills of deaf children educated with phonetically augmented speechreading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *53*(2), Article 2. https://doi.org/10.1080/713755898

Chin, S., & Pisoni, D. (2000). A phonological system at 2 years after cochlear implantation. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *14*(1), 53–73. https://doi.org/10.1080/026992000298940

Ching, T. Y. C., Day, J., Van Buynder, P., Hou, S., Zhang, V., Seeto, M., Burns, L., & Flynn, C. (2014). Language and speech perception of young children with bimodal fitting or bilateral cochlear implants. *Cochlear Implants International*, *15 Suppl 1*(0 1), S43-46. https://doi.org/10.1179/1467010014Z.000000000168

Ching, T. Y. C., Dillon, H., Marnane, V., Hou, S., Day, J., Seeto, M., Crowe, K., Street, L., Thomson, J., Buynder, P. V., Zhang, V., Wong, A., Burns, L., Flynn, C., Cupples, L., Cowan, R. S. C., Leigh, G., Sjahalam-King, J., & Yeh, A. (2013). Outcomes of early- and late-identified children at 3 years of age: Findings from a prospective population-based study. *Ear and Hearing*, *34*(5), 535–552. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182857718

Ching, T. Y. C., van Wanrooy, E., & Dillon, H. (2007). Binaural-bimodal fitting or bilateral implantation for managing severe to profound deafness: A review. *Trends in Amplification*, *11*(3), 161–192. https://doi.org/10.1177/1084713807304357

Ching, T. Y., Day, J., Zhang, V., Dillon, H., Van Buynder, P., Seeto, M., Hou, S., Marnane, V., Thomson, J., Street, L., Wong, A., Burns, L., & Flynn, C. (2013). A randomised controlled trial of nonlinear frequency compression versus conventional processing in hearing aids: Speech and language of children at 3 years of age. *International Journal of Audiology*, *52*(0 2). https://doi.org/10.3109/14992027.2013.858281

Ching, T. Y., Dillon, H., Leigh, G., & Cupples, L. (2018). Learning from the Longitudinal Outcomes of Children with Hearing Impairment (LOCHI) study: Summary of 5-year findings and implications. *International Journal of Audiology*, *57*(SUP2), S105–S111. https://doi.org/10.1080/14992027.2017.1385865

CISIC. (2021). *L'enquête CISIC 2021 (enfants implantés)*. https://www.cisic.fr/publications/l-enquetecisic.

Cleary, M., Pisoni, D. B., & Geers, A. E. (2001). Some measures of verbal and spatial working memory in eight- and nine-year-old hearing-impaired children with cochlear implants. *Ear and Hearing*, *22*(5), 395–411. https://doi.org/10.1097/00003446-200110000-00004

Codina, C. J., Pascalis, O., Baseler, H. A., Levine, A. T., & Buckley, D. (2017). Peripheral Visual Reaction Time Is Faster in Deaf Adults and British Sign Language Interpreters than in Hearing Adults. *Frontiers in Psychology*, *8*, 50. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00050

Cole, E. B., & Flexer, C. A. (2020). *Children with hearing loss: Developing listening and talking, birth to six* (Fourth edition). Plural Publishing, Inc.

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

Colletti, L., Mandalà, M., Zoccante, L., Shannon, R. V., & Colletti, V. (2011). Infants versus older children fitted with cochlear implants: Performance over 10 years. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *75*(4), 504–509. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2011.01.005

Colletti, V., Carner, M., Miorelli, V., Guida, M., Colletti, L., & Fiorino, F. G. (2005). Cochlear implantation at under 12 months: Report on 10 patients. *The Laryngoscope*, *115*(3), 445–449. https://doi.org/10.1097/01.mlg.0000157838.61497.e7

Cornett, R. O. (1967). Cued Speech. *American Annals of the Deaf*, *112*(1), Article 1.

Crandell, C. C., & Smaldino, J. J. (2000). Classroom Acoustics for Children With Normal Hearing and With Hearing Impairment. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, *31*(4), 362–370. https://doi.org/10.1044/0161-1461.3104.362

Cruz, I., Quittner, A. L., Marker, C., Desjardin, J. L., & CDaCI Investigative Team. (2013). Identification of effective strategies to promote language in deaf children with cochlear implants. *Child Development*, *84*(2), 543–559. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2012.01863.x

Cuny, F., Dumont, A., & Mouren, M. C. (2004). Les techniques d'aide aux jeunes enfants sans langage. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, *52*(7), 490–496. https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2004.09.001

De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*(2), 186–201. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.01.004

Desai, S., Stickney, G., & Zeng, F.-G. (2008). Auditory-visual speech perception in normal-hearing and cochlear-implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *123*(1), 428–440. https://doi.org/10.1121/1.2816573

Descourtieux, C. (2006). 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* (pp. 267–269). Mardaga. https://www.cairn.info/competences-cognitives-linguistiques-et-sociales-d--9782870099339-p-267.htm

Descourtieux, C., Groh, V., Rusterholtz, A., Simoulin, I., & Busquet, D. (1999). Cued speech in the stimulation of communication: An advantage in cochlear implantation. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *47*(2), 205–207. https://doi.org/10.1016/s0165-5876(98)00145-1

Desjardin, J. L. (2005). Maternal Perceptions of Self-Efficacy and Involvement in the Auditory Development of Young Children with Prelingual Deafness. *Journal of Early Intervention*, *27*(3), 193–209. https://doi.org/10.1177/105381510502700306

Dettman, S., & Dowell, R. (2010). Language acquisition and critical periods for children using cochlear implants. In *Oxford Handbook of Deaf Studies, Language and Education* (M. Marschark&P.E.Spencer, Vol. 2, pp. 331–342).

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: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, *37*(2), e82-95. https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000915

Dettman, S., Wall, E., Sharpe, G., Dornan, D., Dowell, R., & Galvin, K. (2013). Communication Outcomes for Groups of Children Using Cochlear Implants Enrolled in Auditory-Verbal, Aural-Oral, and Bilingual-Bicultural Early Intervention Programs. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology - Int J Ped Otorhinolaryngol*, *75*, 34–34. https://doi.org/10.1016/S0165-5876(11)70177-X

Dillon, C., Pisoni, D. B., Cleary, M., & Carter, A. K. (2004). Nonword Imitation by Children With Cochlear Implants: Consonant Analyses. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, *130*(5), 587–591. https://doi.org/10.1001/archotol.130.5.587

Dodd, B. (1977). The Role of Vision in the Perception of Speech. *Perception*, *6*(1), 31–40. https://doi.org/10.1068/p060031

Dornan, D., Hickson, L., Murdoch, B., & Housston, T. (2007). Outcomes of an Auditory-Verbal Program for Children With Hearing Loss: A Comparative Study With a Matched Group of Children With Normal Hearing. *Volta Rev*, *107*. https://doi.org/10.17955/107.1.563

Dornan, D., Hickson, L., Murdoch, B., & Houston, T. (2009). Longitudinal Study of Speech Perception, Speech, and Language for Children with Hearing Loss in an Auditory-Verbal Therapy Program. *Volta Review*, *109*. https://doi.org/10.17955/tvr.109.2.3.619

Dornan, D., Hickson, L, Murdoch, B., Houston, T. & Constantinescu, G. (2010). Is Auditory-Verbal Therapy Effective for Children with Hearing Loss? *The Volta Review*, *110*, 361–387.

Duchesne, L., Sutton, A., & Bergeron, F. (2009). Language achievement in children who received cochlear implants between 1 and 2 years of age: Group trends and individual patterns. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *14*(4), 465–485. https://doi.org/10.1093/deafed/enp010

Ecalle, J. (2007). *THaPho—Test d'Habiletés Phonologiques*. Mot à Mot.

Engel-Yeger, B., Durr, D. H., & Josman, N. (2010). Comparison of memory and meta-memory abilities of children with cochlear implant and normal hearing peers. *Disability and Rehabilitation*, *33*(9), 770.

Erber, N. P. (1969). Interaction of audition and vision in the recognition of oral speech stimuli. *Journal of Speech & Hearing Research*, *12*(2), 423–425. https://doi.org/10.1044/jshr.1202.423

Erber, N. P. (1972). Auditory, Visual, and Auditory-Visual Recognition of Consonants by Children with Normal and Impaired Hearing. *Journal of Speech and Hearing Research*, *15*(2), 413–422. https://doi.org/10.1044/jshr.1502.413

Erber, N. P. (1974). Visual Perception of Speech by Deaf Children: Recent Developments and Continuing Needs. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, *39*(2), 178–185. https://doi.org/10.1044/jshd.3902.178

Estabrooks, W., Morrison, H. M., & MacIver-Lux, K. (2020). *Auditory-Verbal Therapy: Science, Research, and Practice*. Plural Publishing.

Fagniart, S., Charlier, B., Delvaux, V., Huberlant, A., Huet, K., Piccaluga, M., Watterman, I., & Harmegnies, B. (2020). *Perception et production du trait de nasalité vocalique chez l'enfant porteur d'implants cochléaires*. Actes de la 6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 33e édition), 606–616.

Ferté, C. (2007). Présentation de la Dynamique Naturelle de la Parole et de son application dans la rééducation des difficultés de parole. *Rééducation Orthophonique*, *45*(229).

Fieurgand, M., & Poncet, M. (2020). *Place de l'Auditory-Verbal Therapy dans la prise en charge orthophonique française des enfants sourds implantés précocement*. Université Aix Marseille.

Fitzpatrick, E., & Doucet, S. P. (2012). *Apprendre à écouter et à parler ; la déficience auditive chez l'enfant.* Les Presses de l'Université d'Ottawa.

Fitzpatrick, E. M., Thibert, J., Grandpierre, V., & Johnston, J. C. (2014). How HANDy are baby signs? A systematic review of the impact of gestural communication on typically developing, hearing infants under the age of 36 months. *First Language*, *34*(6), 486–509. https://doi.org/10.1177/0142723714562864

Fitzpatrick, E. M., Hamel, C., Stevens, A., Pratt, M., Moher, D., Doucet, S. P., Neuss, D., Bernstein, A., & Na, E. (2016). Sign Language and Spoken Language for Children With Hearing Loss: A Systematic Review. *Pediatrics*, *137*(1), 10.1542/peds.2015-1974. https://doi.org/10.1542/peds.2015-1974

Flexer, C. (2011). Cochlear implants and neuroplasticity: Linking auditory exposure and practice. *Cochlear Implants International: An Interdisciplinary Journal*, *12*(S1), 19-S21. https://doi.org/10.1179/146701011X13001035752255

Flipsen, P., & Kangas, K. (2014). Mean Length of Utterance (MLU) in Children with Cochlear Implants. *Volta Review*, *114*, 135–155. https://doi.org/10.17955/tvr.114.2.744

Fort, M., Kandel, S., Chipot, J., Savariaux, C., Granjon, L., & Spinelli, E. (2013). Seeing the initial articulatory gestures of a word triggers lexical access. *Language and Cognitive Processes*, *28*, 1207–1223. https://doi.org/10.1080/01690965.2012.701758

Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1993). Working Memory and Language. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Geers, A., Brenner, C., & Davidson, L. (2003). Factors associated with development of speech perception skills in children implanted by age five. *Ear and Hearing*, *24*(1 Suppl), 24S-35S. https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000051687.99218.0F

Geers, A. E. (1997). Speech and language evaluation in aided and implanted children. *Scandinavian Audiology. Supplementum*, *46*, 72–75.

Geers, A. E. (2003). Predictors of reading skill development in children with early cochlear implantation. *Ear and Hearing*, *24*(1 Suppl), 59S-68S. 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 Suppl), 49S-59S. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181fa41fa

Geers, A. E., Nicholas, J., Tobey, E., & Davidson, L. (2016). Persistent Language Delay Versus Late Language Emergence in Children With Early Cochlear Implantation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, *59*(1), 155–170. https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-H-14-0173

Geers, A., & Moog, J. (1994). Spoken Language Results: Vocabulary, Syntax, and Communication. *Volta Review*, *96*(5), 131–148.

Geffner, D. (1980). Feature characteristics of spontaneous speech production in young deaf children. *Journal of Communication Disorders*, *13*(6), 443–454. https://doi.org/10.1016/0021-9924(80)90044-1

Gladić, V. A., Guberina, P. P., & Périer, O. P. (1982). *Le graphisme phonétique: Du geste phonétique au geste graphique*. F. Nathan.

Glick, H., & Sharma, A. (2017). Cross-modal plasticity in developmental and age-related hearing loss: Clinical implications. *Hearing Research*, *343*, 191–201. https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.08.012

Goldberg, D. M. (1993). Auditory-Verbal Philosophy: A Tutorial. *Volta Review*, *95*(3), 181–186.

Grandchamp, R., Rapin, L., Perrone-Bertolotti, M., Pichat, C., Haldin, C., Cousin, E., Lachaux, J.-P., Dohen, M., Perrier, P., Garnier, M., Baciu, M., & Lœvenbruck, H. (2019). The condialint model: Condensation, dialogality, and intentionality dimensions of inner speech within a hierarchical predictive control framework. *Frontiers in Psychology, 10,* Article 2019. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02019

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* [Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes].

Grandon, B., & Vilain, A. (2020). Development of fricative production in French-speaking school-aged children using cochlear implants and children with normal hearing. *Journal of Communication Disorders*, *86*, 105996. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2020.105996

Grant, K. W., Walden, B. E., & Seitz, P. F. (1998). Auditory-visual speech recognition by hearing-impaired subjects: Consonant recognition, sentence recognition, and auditory-visual integration. *Journal of the Acoustical Society of America*, *103*(5, Pt 1), 2677–2690. https://doi.org/10.1121/1.422788

Gravel, J. S., & O'Gara, J. (2003). Communication options for children with hearing loss. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, *9*(4), 243–251. https://doi.org/10.1002/mrdd.10087

Griffith, J. (1996). Relation of Parental Involvement, Empowerment, and School Traits to Student Academic Performance. *The Journal of Educational Research*, *90*(1), Article 1. https://doi.org/10.1080/00220671.1996.9944441

Griffiths, C., Horton, H. B., Stuwart, H., Gentenbein, A., Ling, D., & Northcott, H. (1973). *The auditory approach*. *75*(6), 344–372.

Grove, N., & Walker, M. (1990). The Makaton Vocabulary: Using manual signs and graphic symbols to develop interpersonal communication. *Augmentative and Alternative Communication*, *6*(1), 15–28. https://doi.org/10.1080/07434619012331275284

Habib, M. G., Waltzman, S. B., Tajudeen, B., & Svirsky, M. A. (2010). Speech production intelligibility of early implanted pediatric cochlear implant users. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *74*(8), 855–859. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2010.04.009

Hall, M. L., & Bavelier, D. (2010). Working memory, deafness, and sign language. In M. Marshark & P. E. Spencer (Eds.), *The Oxford handbook of deaf studies, language, and education,* Vol. 2, pp. 458–472). Oxford University Press.

Hall, M. L., Hall, W. C., & Caselli, N. K. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. *First Language*, *39*(4), 367–395. https://doi.org/10.1177/0142723719834102

Hammer, C. S., & Weiss, A. L. (1999). Guiding Language Development. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *42*(5), 1219–1233. https://doi.org/10.1044/jslhr.4205.1219

Hansson, K., Ibertsson, T., Asker-Árnason, L., & Sahlén, B. (2018). Language impairment in children with CI: An investigation of Swedish. *Lingua*, *213*, 63–77. https://doi.org/10.1016/j.lingua.2018.07.001

Harrison, R. V., Gordon, K. A., & Mount, R. J. (2005). Is there a critical period for cochlear implantation in congenitally deaf children? Analyses of hearing and speech perception performance after implantation. *Developmental Psychobiology*, *46*(3), 252–261. https://doi.org/10.1002/dev.20052

HAS. (2009). Haute Autorité de Santé. *Surdité de l'enfant: Accompagnement des familles et suivi de l'enfant de 0 à 6 ans, hors accompagnement scolaire*. Saint-Denis La Plaine.

HAS. (2012). Haute Autorité de Santé. *Le traitement de la surdité par implants cochléaires ou du tronc cérébral*.

Hassanzadeh, S., Farhadi, M., Daneshi, A., & Emamdjomeh, H. (2002). The effects of age on auditory speech perception development in cochlear-implanted prelingually deaf children. *Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, *126*(5), 524–527. https://doi.org/10.1067/mhn.2002.125110

Heled, E., & Ohayon, M. (2021). Visuospatial and Tactile Working Memory in Individuals with Congenital Deafness. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *26*. https://doi.org/10.1093/deafed/enab005

Henshaw, H., & Ferguson, M. A. (2013). Efficacy of Individual Computer-Based Auditory Training for People with Hearing Loss: A Systematic Review of the Evidence. *PLOS ONE*, *8*(5), e62836. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062836

Hitchins, A. R. C., & Hogan, S. C. (2018). Outcomes of early intervention for deaf children with additional needs following an Auditory Verbal approach to communication. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *115*, 125–132. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2018.09.025

Hoff-Ginsberg, E. (1991). Mother-Child Conversation in Different Social Classes and Communicative Settings. *Child Development*, *62*(4), 782–796. https://doi.org/10.2307/1131177

Hogan, S., Stokes, J., White, C., Tyszkiewicz, E., & Woolgar, A. (2008). An Evaluation of Auditory Verbal Therapy Using the Rate of Early Language Development As an Outcome Measure. *Deafness & Education International*, *10*, 143–167. https://doi.org/10.1002/dei.242

Humphries, T., Kushalnagar, P., Mathur, G., Napoli, D. J., Padden, C., Rathmann, C., & Smith, S. R. (2012). Language acquisition for deaf children: Reducing the harms of zero tolerance to the use of alternative approaches. *Harm Reduction Journal*, *9*, 16. https://doi.org/10.1186/1477-7517-9-16

Huyse, A., Berthommier, F., & Leybaert, J. (2013). Degradation of labial information modifies audiovisual speech perception in cochlear-implanted children. *Ear and Hearing*, *34*(1), 110–121. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182670993

Jacquier-Roux, M., Valdois, S., Zorman, M., Lequette, C., & Pouget, G. (2005). ODEDYS : un outil de dépistage des dyslexie version 2 (a Dyslexia Screening Tool version 2). http://www.cognisciences.com/accueil/outils/article/odedys-version-2

Jaroslawska, A. J., Gathercole, S. E., Allen, R. J., & Holmes, J. (2016). Following instructions from working memory: Why does action at encoding and recall help? *Memory & Cognition*, *44*(8), 1183–1191. https://doi.org/10.3758/s13421-016-0636-5

Kaipa, R., & Danser, M. L. (2016). Efficacy of auditory-verbal therapy in children with hearing impairment: A systematic review from 1993 to 2015. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *86*, 124–134. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.04.033

Kaiser, A. R., Kirk, K. I., Lachs, L., & Pisoni, D. B. (2003). Talker and lexical effects on audiovisual word recognition by adults with cochlear implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *46*(2), 390–404. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2003/032)

Khomsi, A. (2001). *ELO: Évaluation du langage oral*. ECPA, les Éd. du Centre de psychologie appliquée.

Kim, J., & Chin, S. (2008). Fortition and lenition patterns in the acquisition of obstruents by children with cochlear implants. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *22*, 233–251. https://doi.org/10.1080/02699200701869925

Kirk, K. I., Hay-McCutcheon, M. J., Holt, R. F., Gao, S., Qi, R., & Gehrlein, B. L. (2007). Audiovisual Spoken Word Recognition by Children with Cochlear Implants. *Audiological Medicine*, *5*(4), 250–261. https://doi.org/10.1080/16513860701673892

Kofler, M. J., Sarver, D. E., Harmon, S. L., Moltisanti, A., Aduen, P. A., Soto, E. F., & Ferretti, N. (2018). Working memory and organizational skills problems in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *59*(1), 57–67. https://doi.org/10.1111/jcpp.12773

Kos, M.-I., Deriaz, M., Guyot, J.-P., & Pelizzone, M. (2009). What can be expected from a late cochlear implantation? *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *73*(2), 189–193. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2008.10.009

Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & O'Donoghue, G. M. (2016). 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

Kral, A., & Sharma, A. (2012). Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends in Neurosciences*, *35*(2), 111–122. https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.09.004

Kraus, N., & Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews. Neuroscience*, *11*(8), 599–605. https://doi.org/10.1038/nrn2882

Kronenberger, W. G., Colson, B. G., Henning, S. C., & Pisoni, D. B. (2014). Executive functioning and speech-language skills following long-term use of cochlear implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *19*(4), 456–470. https://doi.org/10.1093/deafed/enu011

Kronenberger, W. G., Henning, S. C., Ditmars, A. M., Roman, A. S., & Pisoni, D. B. (2018). Verbal learning and memory in prelingually deaf children with cochlear implants. *International Journal of Audiology*, *57*(10), 746–754. https://doi.org/10.1080/14992027.2018.1481538

Kushalnagar, P., Mathur, G., Moreland, C. J., Napoli, D. J., Osterling, W., Padden, C., & Rathmann, C. (2010). Infants and children with hearing loss need early language access. *The Journal of Clinical Ethics*, *21*(2), 143–154.

Lachs, L., Pisoni, D. B., & Kirk, K. I. (2001). Use of Audiovisual Information in Speech Perception by Prelingually Deaf Children with Cochlear Implants: A First Report. *Ear and Hearing*, *22*(3), 236–251.

Le Calvez, V. (2009). La méthode verbo-tonale à l'heure de l'implant cochléaire. *Connaissances surdité, 28, 13-17.*

Leclercq, A.-L., & Majerus, S. (2010). Serial-order short-term memory predicts vocabulary development: Evidence from a longitudinal study. *Developmental Psychology*, *46*(2), 417–427. https://doi.org/10.1037/a0018540

Lee, D. S., Lee, J. S., Oh, S. H., Kim, S.-K., Kim, J.-W., Chung, J.-K., Lee, M. C., & Kim, C. S. (2001). Cross-modal plasticity and cochlear implants. *Nature*, *409*(6817), Article 6817. https://doi.org/10.1038/35051653

Lee, K. Y. S., & van Hasselt, C. A. (2005). Spoken word recognition in children with cochlear implants: A five-year study on speakers of a tonal language. *Ear and Hearing*, *26*(4 Suppl), 30S-7S. https://doi.org/10.1097/00003446-200508001-00005

Lefebvre, P. (2020). Prévenir les difficultés en lecture et en écriture au préscolaire grâce à la lecture interactive enrichie dans C. Chapleau et M.- P. Godin (dir.) Lecteurs et scripteurs en difficulté : Propositions didactiques et orthodidactiques (pp. 47-71), Montréal : QC : Presses de l'Université du Québec.

Legout, L. (2019). *Les apports de la méthode phonético-gestuelle développée par Suzanne Borel Maisonny dans l'apprentissage de la lecture*. Education.

Lesinski-Schiedat, A., Illg, A., Heermann, R., Bertram, B., & Lenarz, T. (2004). Paediatric cochlear implantation in the first and in the second year of life: A comparative study. *Cochlear Implants International*, *5*(4), 146–159. https://doi.org/10.1179/cim.2004.5.4.146

Leybaert, J. (2012). *La Langue française Parlée Complétée (LPC): Fondements et perspectives* (1er édition). De Boeck Supérieur.

Leybaert, J., Aparicio, M., & Alegria, J. (2012). The Role of Cued Speech in Language Development of Deaf Children. *The Oxford Handbook of Deaf Studies, Language, and Education: Second Edition*, *1*. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199750986.013.0020

Leybaert, J., & Borel, S. (2020). *Surdités de l'enfant et de l'adulte: Bilans et interventions orthophoniques* (1ere ed.). De Boeck Supérieur.

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*, *Vol. 59*(3), Article 3.

Leybaert, J., & LaSasso, C. J. (2010). Cued Speech for Enhancing Speech Perception and First Language Development of Children With Cochlear Implants. *Trends in Amplification*, *14*(2), 96–112. https://doi.org/10.1177/1084713810375567

Liberman, A. M., & Mattingly, I. G. (1985). The motor theory of speech perception revised. *Cognition*, *21*(1), 1–36. https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90021-6

Lim, S., & Simser, J. (2005). Auditory-Verbal therapy for children with hearing impairment. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, *34*, 307–312.

Ling, D. (1978). Speech development in hearing-impaired children. *Journal of Communication Disorders*, *11*(2), 119–124. https://doi.org/10.1016/0021-9924(78)90004-7

Ling, D., & Clarke, B. R. (1975). Cued Speech: An Evaluative Study. *American Annals of the Deaf*, *120*(5), 480–488.

Litovsky, R. Y., Johnstone, P. M., & Godar, S. P. (2006). Benefits of bilateral cochlear implants and/or hearing aids in children. *International Journal of Audiology*, *45 Suppl 1*(Suppl 1), S78-91. https://doi.org/10.1080/14992020600782956

Lorenzi, C., Gilbert, G., Carn, H., Garnier, S., & Moore, B. C. J. (2006). Speech perception problems of the hearing impaired reflect inability to use temporal fine structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(49), 18866–18869. https://doi.org/10.1073/pnas.0607364103

Loundon, N., & Busquet, D. (2009). *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique. Comment adapter les pratiques ?* Médecine Sciences Publications.

Lyxell, B., Sahlén, B., Wass, M., Ibertsson, T., Larsby, B., Hällgren, M., & Mäki-Torkko, E. (2008). Cognitive development in children with cochlear implants: Relations to reading and communication. *International Journal of Audiology*, *47*(sup2), S47–S52. https://doi.org/10.1080/14992020802307370

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*. [Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes].

Machart, L., Vilain, A., Lœvenbruck, H., Meloni, G., & Puissant, C. (2020). Production de parole chez l'enfant porteur d'implants cochléaires: Apport de la Langue française Parlée Complétée (Speech production in children with cochlear implant(s): contribution of Cued French). *Actes de la 6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 33e édition), Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN, 27e édition), Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RÉCITAL, 22e édition). Volume 1 : Journées d'Études sur la Parole*, 388–396. https://aclanthology.org/2020.jeptalnrecital-jep.44

MacLeod, A., & Summerfield, Q. (1987). Quantifying the contribution of vision to speech perception in noise. *British Journal of Audiology*, *21*(2), 131–141. https://doi.org/10.3109/03005368709077786

Manrique, M., Cervera-Paz, F. J., Huarte, A., & Molina, M. (2004). Advantages of cochlear implantation in prelingual deaf children before 2 years of age when compared with later implantation. *The Laryngoscope*, *114*(8), 1462–1469. https://doi.org/10.1097/00005537-200408000-00027

Marshall, C., Jones, A., Denmark, T., Mason, K., Atkinson, J., Botting, N., & Morgan, G. (2015). Deaf children's non-verbal working memory is impacted by their language experience. *Frontiers in Psychology*, *6*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.00527

Martinez-Perez, T., Dor, O., & Maillart, C. (2015). Préciser, argumenter et évaluer les objectifs thérapeutiques pour améliorer la prise en charge orthophonique. *Rééducation orthophonique*, 261, 63-89.

Masoura, E., & Gathercole, S. (2005). Contrasting contributions of phonological short-term memory and long-term knowledge to vocabulary learning in a foreign language. *Memory (Hove, England)*, *13*, 422–429. https://doi.org/10.1080/09658210344000323

Matagne, L., Bissot, J., & Borel, S. (2020). Spécificité de l'implant cochléaire. Dans Borel, S et Leybaert, J. *Surdité de l'enfant et de l'adulte*. De Boeck Supérieur.

McConkey Robbins, A., Koch, D. B., Osberger, M. J., Zimmerman-Phillips, S., & Kishon-Rabin, L. (2004). Effect of age at cochlear implantation on auditory skill development in infants and toddlers. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery*, *130*(5), 570–574. https://doi.org/10.1001/archotol.130.5.570

McDaniel, J., & Camarata, S. (2017). Does Access to Visual Input Inhibit Auditory Development for Children With Cochlear Implants? A Review of the Evidence. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, *2*(9), 10–24. https://doi.org/10.1044/persp2.SIG9.10

McDaniel, J., Camarata, S., & Yoder, P. (2018). Comparing Auditory-Only and Audiovisual Word Learning for Children With Hearing Loss. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *23*(4), 382–398. https://doi.org/10.1093/deafed/eny016

Mcgurk, H., & Macdonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, *264*(5588), Article 5588. https://doi.org/10.1038/264746a0

Medina, V., & Serniclaes, W. (2009). *Development of voicing categorization in deaf children with cochlear implant*. 152–155. https://doi.org/10.21437/Interspeech.2009-55

Meloni, G. (2022). *Évaluation des Troubles du Développement des Sons de Parole dans le cadre d'un modèle psycholinguistique chez l'enfant francophone* [Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes et Université de Montréal].

Meloni, G., Vilain, A., Lœvenbruck, H., & MacLeod, A. (2018). Integrating production and perception tasks in a psycholinguistic approach to assessment of Speech Sound Disorder in French: A case study. ICPLA 2018 - 17th International Clinical Phonetics and Linguistics Association Conference. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01950372

Millet, A. (2004). La langue des signes française (LSF): Une langue iconique et spatiale méconnue. *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité. Cahiers de l'Apliut*, *Vol. XXIII N° 2*, Article Vol. XXIII N° 2. https://doi.org/10.4000/apliut.3326

Mitchel, A. D., Christiansen, M. H., & Weiss, D. J. (2014). Multimodal integration in statistical learning: Evidence from the McGurk illusion. *Frontiers in Psychology*, *5*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.00407

Mitchel, A. D., & Weiss, D. J. (2014). Visual speech segmentation: Using facial cues to locate word boundaries in continuous speech. *Language, Cognition and Neuroscience*, *29*(7), 771–780. https://doi.org/10.1080/01690965.2013.791703

Miyamoto, R. T., Hay-McCutcheon, M. J., Kirk, K. I., Houston, D. M., & Bergeson-Dana, T. (2008). Language skills of profoundly deaf children who received cochlear implants under 12 months of age: A preliminary study. *Acta Oto-Laryngologica*, *128*(4), 373–377. https://doi.org/10.1080/00016480701785012

Moberly, A. C., Pisoni, D. B., & Harris, M. S. (2017). Visual working memory span in adults with cochlear implants: Some preliminary findings. *World Journal of Otorhinolaryngology - Head and Neck Surgery*, *3*(4), 224–230. https://doi.org/10.1016/j.wjorl.2017.12.003

Moeller, M. P. (2000). Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. *Pediatrics*, *106*(3), Article 3. https://doi.org/10.1542/peds.106.3.e43

Montgomery, A. A., & Jackson, P. L. (1983). Physical characteristics of the lips underlying vowel lipreading performance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *73*(6), 2134–2144. https://doi.org/10.1121/1.389537

Montoya, D., & Bodart, S. (2009). Le programme Makaton auprès d'un enfant porteur d'autisme: Le cas de Julien. *Developpements*, *n° 3*(3), 15–26.

Morais, A. A., Rocha-Muniz, C. N., & Schochat, E. (2015). Efficacy of Auditory Training in Elderly Subjects. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *7*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2015.00078

Mugnier, S. (2006). *Surdités, plurilinguisme et Ecole Approches sociolinguistiques et sociodidactiques des bilinguismes d'enfants sourds de CE2* [Thèse de doctorat, Université Stendhal - Grenoble III].

Neville, H. J., Schmidt, A., & Kutas, M. (1983). Altered visual-evoked potentials in congenitally deaf adults. *Brain Research*, *266*(1), 127–132. https://doi.org/10.1016/0006-8993(83)91314-8

Nicholas, J. G., & Geers, A. E. (2006). Effects of early auditory experience on the spoken language of deaf children at 3 years of age. *Ear and Hearing*, *27*(3), 286–298. https://doi.org/10.1097/01.aud.0000215973.76912.c6

Nicholas, J. G., & Geers, A. E. (2007). Will they catch up? The role of age at cochlear implantation in the spoken language development of children with severe to profound hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, *50*(4), 1048–1062. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/073)

Nicholls, G. H., & Ling, D. (1982). Cued Speech and the reception of spoken language. *Journal of Speech and Hearing Research*, *25*(2), 262–269. https://doi.org/10.1044/jshr.2502.262

Niparko, J. K., Tobey, E. A., Thal, D. J., Eisenberg, L. S., Wang, N.-Y., Quittner, A. L., & Fink, N. E. (2010). Spoken Language Development in Children Following Cochlear Implantation. *JAMA : The Journal of the American Medical Association*, *303*(15), 1498–1506. https://doi.org/10.1001/jama.2010.451

Nittrouer, S., Caldwell-Tarr, A., Low, K. E., & Lowenstein, J. H. (2017). Verbal Working Memory in Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, *60*(11), 3342–3364. https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-H-16-0474

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

Nittrouer, S., Sansom, E., Low, K., Rice, C., & Caldwell-Tarr, A. (2014). Language structures used by kindergartners with cochlear implants: Relationship to phonological awareness, lexical knowledge and hearing loss. *Ear and Hearing*, *35*(5), 506–518. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000051

Noll, D., DiFabio, D., Moodie, S., Graham, I. D., Potter, B., Grandpierre, V., & Fitzpatrick, E. M. (2021). Coaching Caregivers of Children who are Deaf or Hard of Hearing: A Scoping Review.

Journal of Deaf Studies and Deaf Education, *26*(4), 453–468. https://doi.org/10.1093/deafed/enab018

Nouelle, M. (2005). *La perception de mots et pseudo-mots dans le bruit chez l'enfant sourd porteur d'un implant cochléaire: Impact du LPC* [Mémoire de licence en Logopédie, Université libre de Bruxelles et Université catholique de Louvain].

Olson, A. D., Preminger, J. E., & Shinn, J. B. (2013). The effect of LACE DVD training in new and experienced hearing aid users. *Journal of the American Academy of Audiology*, *24*(3), 214–230. https://doi.org/10.3766/jaaa.24.3.7

Percy-Smith, L., Hallstrøm, M., Josvassen, J. L., Mikkelsen, J. H., Nissen, L., Dieleman, E., & Cayé-Thomasen, P. (2018). Differences and similarities in early vocabulary development between children with hearing aids and children with cochlear implant enrolled in 3-year auditory verbal intervention. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *108*, 67–72. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2018.02.030

Percy-Smith, L., Tønning, T. L., Josvassen, J. L., Mikkelsen, J. H., Nissen, L., Dieleman, E., Hallstrøm, M., & Cayé-Thomasen, P. (2018). Auditory verbal habilitation is associated with improved outcome for children with cochlear implant. *Cochlear Implants International*, *19*(1), 38–45. https://doi.org/10.1080/14670100.2017.1389020

Périer, O., Charlier, B., Hage, C., & Alegria, J. (1990). Evaluation of the Effects of Prolonged Cued Speech Practice Upon the Reception of Spoken Language1. *Cued Speech Journal*, 1988, 1, 616–625.

Pierru, E., & Spire, A. (2008). Le crépuscule des catégories socioprofessionnelles. *Revue française de science politique*, *58*(3), 457–481. https://doi.org/10.3917/rfsp.583.0457

Pisoni, D. B. (2000). Cognitive Factors and Cochlear Implants: Some Thoughts on Perception, Learning, and Memory in Speech Perception. *Ear and Hearing*, *21*(1), 70–78.

Pisoni, D. B., Broadstock, A., Wucinich, T., Safdar, N., Miller, K., Hernandez, L. R., Vasil, K., Boyce, L., Davies, A., Harris, M. S., Castellanos, I., Xu, H., Kronenberger, W. G., & Moberly, A. C. (2018). Verbal Learning and Memory After Cochlear Implantation in Postlingually Deaf Adults: Some New Findings with the CVLT-II. *Ear and Hearing*, *39*(4), 720–745. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000530

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 Suppl), 106S-20S. https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000051692.05140.8E

Pisoni, D. B., Kronenberger, W. G., Roman, A. S., & Geers, A. E. (2011). Measures of digit span and verbal rehearsal speed in deaf children after more than 10 years of cochlear implantation. *Ear and Hearing*, *32*(1 Suppl), 60S-74S. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181ffd58e

Pollack, D. (1970). *Educational audiology for the limited hearing infant*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Pollack, D. (1974). Denver's Acoupedic Program. *Peabody Journal of Education*, *51*(3), 180–185.

Pollack, D. (1985). *Educational audiology for the limited hearing infant and preschooler*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Poirier, D. (2005). La surdité entre culture, identité et altérité. *Lien social et Politiques*, (53), 59–66. https://doi.org/10.7202/011645ar

Power, D. J., & Hyde, M. B. (1997). Multisensory and unisensory approaches to communicating with deaf children. *European Journal of Psychology of Education*, *12*(4), 449–464. https://doi.org/10.1007/BF03172804

Power, D. (2005). Models of deafness: Cochlear implants in the Australian daily press. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 10, 451–459.

R Development Core Team. (2012). RStudio | Open source & professional software for data science teams. https://www.rstudio.com/

Rançon, J. (2018). *La méthode verbo-tonale. Quel intérêt pour l'école d'aujourd'hui?*. Les Langues Modernes.

Rhoades, E. (2006). Research Outcomes of Auditory-Verbal Intervention: Is the Approach Justified? *Deafness & Education International*, *8*. https://doi.org/10.1002/dei.197

Rhoades, E., & Chisholm, T. (2000). Global Language Progress with an Auditory-Verbal Approach for Children Who Are Deaf or Hard of Hearing. *Volta Review*, *102*.

Rinaldi, P., Baruffaldi, F., Burdo, S., & Caselli, M. C. (2013). Linguistic and pragmatic skills in toddlers with cochlear implant. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *48*(6), 715–725. https://doi.org/10.1111/1460-6984.12046

Rotfleisch, S., & Martindale, M. (2021). *Listening and Spoken Language Therapy for Children With Hearing Loss: A Practical Auditory-based Guide*. Plural Publishing Inc.

Rouger, J., Fraysse, B., Deguine, O., & Barone, P. (2008). McGurk effects in cochlear-implanted deaf subjects. *Brain Research*, *1188*, 87–99. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.10.049

Sainz, M., Skarzynski, H., Allum, J. H. J., Helms, J., Rivas, A., Martin, J., Zorowka, P. G., Phillips, L., Delauney, J., Brockmeyer, S. J., Kompis, M., Korolewa, I., Albegger, K., Zwirner, P., Van De Heyning, P., D'Haese, P., & MED-EL. (2003). Assessment of auditory skills in 140 cochlear implant children using the EARS protocol. *ORL; Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties*, *65*(2), 91–96. https://doi.org/10.1159/000070772

Scherf, F. W. A. C., van Deun, L., van Wieringen, A., Wouters, J., Desloovere, C., Dhooge, I., Offeciers, E., Deggouj, N., De Raeve, L., De Bodt, M., & Van de Heyning, P. H. (2009). Functional outcome of sequential bilateral cochlear implantation in young children: 36 months postoperative results. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *73*(5), 723–730. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2009.01.009

Segonzac, M. D. (1991). *Pour que vibre la dynamique naturelle de la parole*. Editions E.Robert.

Senghas, R. J., & Monaghan, L. (2002). Sign of their times: Deaf communities and the culture of language. *Annual Review of Anthropology*, *31*, 69–97. https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.31.020402.101302

Sharma, A., & Campbell, J. (2011). A sensitive period for cochlear implantation in deaf children. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, *24*(sup1), 151–153. https://doi.org/10.3109/14767058.2011.607614

Sharma, A., Dorman, M. F., & Kral, A. (2005). The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. *Hearing Research*, *203*(1–2), 134–143. https://doi.org/10.1016/j.heares.2004.12.010

Sharma, A., Dorman, M., Spahr, A., & Todd, N. W. (2002). Early cochlear implantation in children allows normal development of central auditory pathways. *The Annals of Otology, Rhinology & Laryngology. Supplement*, *189*, 38–41. https://doi.org/10.1177/00034894021110s508

Sharma, A., Martin, K., Roland, P., Bauer, P., Sweeney, M. H., Gilley, P., & Dorman, M. (2005). P1 latency as a biomarker for central auditory development in children with hearing impairment. *Journal of the American Academy of Audiology*, *16*(8), 564–573. https://doi.org/10.3766/jaaa.16.8.5

Sharma, A., Nash, A. A., & Dorman, M. (2009). Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. *Journal of Communication Disorders*, *42*(4), 272–279. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2009.03.003

Sharma, S. D., Cushing, S. L., Papsin, B. C., & Gordon, K. A. (2020). Hearing and speech benefits of cochlear implantation in children: A review of the literature. International journal of pediatric otorhinolaryngology, 133, 109984.

Shull, T., & Crain, K. (2010). Fundamental principles of Cued Speech and cued language. In *LaSasso, K. Crain, & J. Ley- baert (Eds.), Cued Speech and cued language for deaf and hard of hearing children*. CA: Plural, pp. 27–52.

Spencer, P. E., & Marschark, M. (2006). *Advances in the spoken language development of deaf and hard-of-hearing children / edited by Patricia Elizabeth Spencer and Marc Marschark*. Oxford university Press.

Stackhouse, J., & Wells, B. (1997). Children's speech and literacy difficulties : A psycholinguis-tic framework. London : Whurr Publishers.

Stoll, C., Palluel-Germain, R., Caldara, R., Lao, J., Dye, M. W. G., Aptel, F., & Pascalis, O. (2018). Face Recognition is Shaped by the Use of Sign Language. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, *23*(1), 62–70. https://doi.org/10.1093/deafed/enx034

Stropahl, M., Besser, J., & Launer, S. (2020). Auditory Training Supports Auditory Rehabilitation: A State-of-the-Art Review. *Ear and Hearing*, *41*(4), 697–704. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000806

Stropahl, M., Chen, L.-C., & Debener, S. (2017). Cortical reorganization in postlingually deaf cochlear implant users: Intra-modal and cross-modal considerations. *Hearing Research*, *343*, 128–137. https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.07.005

Sturm, J. J., Kuhlmey, M., Alexiades, G., Hoffman, R., & Kim, A. H. (2021). Comparison of Speech Performance in Bimodal versus Bilateral Cochlear Implant Users. *The Laryngoscope*, *131*(4), E1322–E1327. https://doi.org/10.1002/lary.29062

Sumby, W. H., & Pollack, I. (1954). Visual Contribution to Speech Intelligibility in Noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *26*(2), 212–215. https://doi.org/10.1121/1.1907309

Summerfield, Q. (1992). Lipreading and Audio-Visual Speech Perception. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, *335*(1273), 71–78.

Summerfield, Q., & McGrath, M. (1984). Detection and Resolution of Audio-Visual Incompatibility in the Perception of Vowels. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *36*(1), 51–74. https://doi.org/10.1080/14640748408401503

Sundarrajan, M., Tobey, E. A., Nicholas, J., & Geers, A. E. (2019). Assessing consonant production in children with cochlear implants. *Journal of Communication Disorders*, *84*, 105966. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2019.105966

Sundström, S., Löfkvist, U., Lyxell, B., & Samuelsson, C. (2018). Prosodic and segmental aspects of nonword repetition in 4- to 6-year-old children who are deaf and hard of hearing compared to controls with normal hearing. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *32*(10), 950–971. https://doi.org/10.1080/02699206.2018.1469671

Svirsky, M. A., Robbins, A. M., Kirk, K. I., Pisoni, D. B., & Miyamoto, R. T. (2000). Language development in profoundly deaf children with cochlear implants. *Psychological Science*, *11*(2), 153–158. https://doi.org/10.1111/1467-9280.00231

Tamati, T. N., Pisoni, D. B., & Moberly, A. C. (2022). Speech and Language Outcomes in Adults and Children with Cochlear Implants. *Annual Review of Linguistics*, *8*(1), 299–319. https://doi.org/10.1146/annurev-linguistics-031220-011554

Tavakoli, M., Jalilevand, N., Kamali, M., Modarresi, Y., & Zarandy, M. M. (2015). Language sampling for children with and without cochlear implant: MLU, NDW, and NTW. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *79*(12), 2191–2195. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.10.001

Terband, H., Maassen, B., Maas, E. (2019). A Psycholinguistic Framework for Diagnosis and Treatment Planning of Developmental Speech Disorders. *Folia Phoniatr Logop*, 71 (5-6): 216–227. https://doi.org/10.1159/000499426

Thomas, E. S., & Zwolan, T. A. (2019). Communication Mode and Speech and Language Outcomes of Young Cochlear Implant Recipients: A Comparison of Auditory-Verbal, Oral Communication, and Total Communication. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, *40*(10), e975–e983. https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002405

Thomas, N. (2019). *La lecture interactive: Étude de ses effets sur l'enfant de maternelle et son environnement.* [thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles].

Torppa, R., Faulkner, A., Laasonen, M., Lipsanen, J., & Sammler, D. (2020). Links of Prosodic Stress Perception and Musical Activities to Language Skills of Children With Cochlear Implants and Normal Hearing. *Ear and Hearing*, *41*(2), 395–410. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000763

Torppa, R., & Huotilainen, M. (2019). Why and how music can be used to rehabilitate and develop speech and language skills in hearing-impaired children. *Hearing Research*, *380*, 108–122. https://doi.org/10.1016/j.heares.2019.06.003

Torrington Eaton, C., & Ratner, N. B. (2016). An exploration of the role of executive functions in preschoolers' phonological development. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *30*(9), 679–695. https://doi.org/10.1080/02699206.2016.1179344

Uchanski, R. M., Delhorne, L. A., Dix, A. K., Braida, L. D., Reed, C. M., & Durlach, N. I. (1994). Automatic speech recognition to aid the hearing impaired: Prospects for the automatic generation of cued speech. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, *31*(1), 20–41.

Van Bogaert, L., Machart, L., Gerber, S., Lœvenbruck, H., Vilain, A., Consortium EULALIES, Costa, M., Gillet-Perret, E., MacLeod, A. A. N., Meloni, G., Puissant, C., & Rose, Y. (2023). Speech rehabilitation in children with cochlear implants using a multisensory (French Cued Speech) or a hearing-focused (Auditory Verbal Therapy) approach. *Frontiers in Human Neuroscience*, *17*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2023.1152516

Van Der Merwe, A. (2021) New perspectives on speech motor planning and programming in the context of the four- level model and its implications for understanding the pathophysiology underlying apraxia of speech and other motor speech disorders, Aphasiology, 35:4, 397-423, DOI: 10.1080/02687038.2020.1765306.

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

Vasilyeva, M., Waterfall, H., & Huttenlocher, J. (2008). Emergence of syntax: Commonalities and differences across children. *Developmental Science*, *11*(1), 84–97. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00656.x

Vieu, A., Mondain, M., Blanchard, K., Sillon, M., Reuillard-Artieres, F., Tobey, E., Uziel, A., & Piron, J. P. (1998). Influence of communication mode on speech intelligibility and syntactic structure of sentences in profoundly hearing impaired French children implanted between 5 and 9 years of age. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *44*(1), 15–22. https://doi.org/10.1016/s0165-5876(98)00031-7

Vincent-Durroux, L. (2014). *La langue orale des jeunes sourds profonds*. De Boeck Solal. https://www.decitre.fr/livres/la-langue-orale-des-jeunes-sourds-profonds-9782353272570.html

Walker, E. A., Holte, L., McCreery, R. W., Spratford, M., Page, T., & Moeller, M. P. (2015). The Influence of Hearing Aid Use on Outcomes of Children With Mild Hearing Loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, *58*(5), 1611–1625. https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-H-15-0043

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, 192-212.

Warner-Czyz, A. D., & Davis, B. L. (2008). The emergence of segmental accuracy in young cochlear implant recipients. *Cochlear Implants International*, *9*(3), 143–166. https://doi.org/10.1179/cim.2008.9.3.143

Wass, M. (2009). *Children with Cochlear Implants: Cognition and Reading Ability* [doctoral thesis, Linköping University]. Retrieved from https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-51735

Weill, A.-L. (2011). Les trois heureux paradoxes de la langue française parlée complétée. In *J. Leybaert (dir.), La langue française Parlée Complétée (LPC): Fondements et perspectives* (Solal, pp. 87–95).

Werker, J. F., & Hensch, T. K. (2015). Critical periods in speech perception: New directions. *Annual Review of Psychology*, *66*, 173–196. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015104

Wiener-Vacher, S. R., Quarez, J., & Priol, A. L. (2018). Epidemiology of Vestibular Impairments in a Pediatric Population. *Seminars in Hearing*, *39*(3), Article 3. https://doi.org/10.1055/s-0038-1666815

Wilson, M., Bettger, J., Niculae, I., & Klima, E. (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://doi.org/10.1093/oxfordjournals.deafed.a014321

Wittkowski, A., Garrett, C., Calam, R., & Weisberg, D. (2017). Self-Report Measures of Parental Self-Efficacy: A Systematic Review of the Current Literature. *Journal of Child and Family Studies*, *26*(11), 2960–2978. https://doi.org/10.1007/s10826-017-0830-5

Wu, J.-L., Lin, C.-Y., Yang, H.-M., & Lin, Y.-H. (2006). Effect of age at cochlear implantation on open-set word recognition in Mandarin speaking deaf children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *70*(2), 207–211. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2005.06.013

Yanbay, E., Hickson, L., Scarinci, N., Constantinescu, G., & Dettman, S. J. (2014). Language outcomes for children with cochlear implants enrolled in different communication programs. *Cochlear Implants International*, *15*(3), 121–135. https://doi.org/10.1179/1754762813Y.0000000062

Yoshinaga-Itano, C., Sedey, A. L., Wiggin, M., & Chung, W. (2017). Early Hearing Detection and Vocabulary of Children With Hearing Loss. *Pediatrics*, *140*(2), e20162964. https://doi.org/10.1542/peds.2016-2964

Zaidman-Zait, A., & Dromi, E. (2007). Analogous and Distinctive Patterns of Prelinguistic Communication in Toddlers With and Without Hearing Loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research : JSLHR*, *50*, 1166–1180. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/081)

Zupan, B., & Sussman, J. E. (2009). Auditory preferences of young children with and without hearing loss for meaningful auditory-visual compound stimuli. *Journal of Communication Disorders*, *42*(6), 381–396. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2009.04.002

ANNEXES

Table des Annexes :

Annexe 1 – Outils à destination des professionnel·le·s pour soutenir le développement de la langue et de la communication vocale. 239

Annexe 2 – Annexe de l'article 1 sur le traitement de données. 249

Annexe 3 – Questionnaires utilisés pour l'article 1 (état des lieux des outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds). 250

Annexe 4 – Exemples de stratégies et techniques de la pratique auditive et verbale (extrait du livre « Apprendre à écouter et à parler », Annexe 10, pages 335-340, de Elizabeth M Fitzpatrick, 2012). 265

Annexe 5 – Épreuve de production d'énoncés de la batterie ELO (Khomsi, 2001). 268

Annexe 6 – Items de la tâche de détection d'altérations phonologiques de la batterie EULALIES (Meloni, 2022). 269

Annexe 7 – Items de la tâche de dénomination d'images de la batterie EULALIES (Meloni, 2022). 272

Annexe 8 – Description des items de la tâche de répétition de pseudo-mots de la batterie EULALIES (Meloni, 2022). 275

Annexe 9 – Épreuve d'empan de chiffres à l'endroit (ODEDYS, Jacquier-Roux et al., 2005). 277

Annexe 10 – Items de la tâche de conscience phonologique de la batterie THaPho (Ecalle, 2007) – tâche d'extraction syllabique et phonémique). 278

Annexe 11 – Notice d'information, consentement éclairé et questionnaire de langage à remplir par les parents (concerne les études 2,3,4 et 5). 279

Annexe 12 – Items de la tâche de décodage de la LfPC de la batterie TERMO (Descourtieux et al., 1999). 285

Annexe 13 – Résumé des performances des 172 enfants inclus dans les études 2,3,4 et 5 pour les tâches de détection d'altérations phonologiques, de dénomination d'images, de répétition de pseudo-mots, de mémoire de travail verbale et visuo-spatiale, et de production d'énoncés (morphosyntaxe). 286

Annexe 14 – Article publié dans les actes des Journées d'Études sur la Parole en juin 2022. 293

Annexe 15 – Posters présentés lors de conférences internationales. 301

Annexe 1 – Outils à destination des professionnel·le·s pour soutenir le développement de la langue et de la communication vocale.

Ces outils sont principalement investis par les professionnel·le·s (orthophoniste, enseignant·e, éducateur·rice, etc.), même s'il arrive que les parents investissent ces outils à la maison. Ils ne sont pas obligatoires et leur choix n'est pas définitif (Loundon et al., 2009).

Méthode Verbo-tonale

La méthode verbo-tonale de correction phonétique, développée par Petar Guberina en 1940, est basée sur la polysensoralité et, par le biais de jeux, de rimes, d'activités rythmiques, s'appuie sur les mouvements du corps pour produire des sons (Asp & Guberina, 1981). L'objectif de cette méthode est la rééducation fonctionnelle de l'audition basée sur l'audition (bruit et voix), la vision (sans insister sur la lecture labiale), et la perception vibro-tactile, afin de développer une parole intelligible et de soutenir le développement linguistique. Cette méthode présente l'avantage d'avoir des exercices d'audition structurés, cohérents, ludiques et intensifs (Rançon, 2018), tout en respectant les étapes d'acquisition du langage. Le premier principe de cette méthode est la notion « optimale ». Il s'agit d'identifier le champ d'audition optimal de fréquences dans lequel la perception auditive de l'enfant est la meilleure. Ce champ d'audition servira de base dans l'éducation auditive de l'enfant sourd (Le Calvez, 2009). Lors des exercices de discrimination auditive, certaines fréquences sont supprimées ou amplifiées grâce à des appareils d'amplification et de filtrage du son pour que l'enfant soit dans des conditions optimales d'écoute. Un autre principe important est l'utilisation du corps comme médiateur dans l'apprentissage de la parole par l'intermédiaire des rythmes phonétiques (le rythme corporel et le rythme musical, qui sont complémentaires). Le corps donne une perception kinesthésique du message auditif. Il existe donc des mouvements spécifiques ou des postures pour favoriser le développement phonologique de l'enfant. Ainsi, les jeux rythmiques, accompagnés de mouvements corporels, vont stimuler les compétences phonétiques, rythmiques et intonatives des enfants (Loundon et al., 2009). De plus, cette méthode est basée sur la polysensoralité, c'est-à-dire que tous les moyens de communication sensoriels sont utilisés pour que l'enfant perçoive les messages auditifs. Dans ce contexte, grâce à l'utilisation de la caisse de résonance et du plancher vibrant, l'enfant prend conscience de la parole par des vibrations. Un outil complémentaire à cette méthode est le graphisme phonétique créé par Gladić en 1971. Ce graphisme, élaboré avec l'enfant, a pour objectif de retranscrire les caractéristiques articulatoires de la parole pour permettre à l'enfant de produire correctement les phonèmes (Gladić et al., 1982). Les caractéristiques du geste graphique s'ajustent à celle du geste phonatoire (Loundon et al., 2009).

Initialement, cette méthode était destinée aux enfants sourds mais elle peut être utilisée pour d'autres populations d'enfants ayant des difficultés langagières ou pour les adultes qui désirent apprendre une langue étrangère.

Dynamique Naturelle de la Parole

La Dynamique naturelle de la parole (DNP), crée par Madelaine Dunoyer de Ségonzac en 1975, est une technique de réhabilitation multisensorielle, inspirée de la méthode verbo-tonale de Petar Guberina, de la méthode Martenot et de travaux d'anthropologie. C'est une dynamique ludique et artistique qui permet aux enfants ayant des troubles ou des retards du langage d'entrer dans la langue orale. L'objectif est une « libération de la parole par la libération du geste ». Elle se veut dynamique car elle est évolutive et créative, et naturelle car elle utilise les caractéristiques articulatoires de la parole. Les canaux auditifs, kinesthésiques et visuels sont mobilisés pour permettre à l'enfant de développer des représentions phonologiques (Ferté, 2007). Elle s'appuie sur les capacités innées de l'enfant et vise à enrichir, accompagner et soutenir la construction du langage, à développer la communication de l'enfant et à favoriser l'émergence de la parole en incluant le ressenti, le visuel, le jeu et l'art (couleurs, traces de peinture, rythmes, comptines, mouvements, gestes, création artistique, massages dans le dos). Plusieurs outils existent pour représenter les phonèmes :

- Les voyelles sont représentées par une couleur et une position sur le « soleil des voyelles » (voir figure 3.5.1 ci-dessous). Elles s'inscrivent donc dans un soleil du plus aigu ([i], en haut) au moins aigu ([u], en bas) et peuvent être reproduites dans l'espace. Le degré d'aperture de la bouche est représenté par les mouvements des fermetures des bras et des jambes.

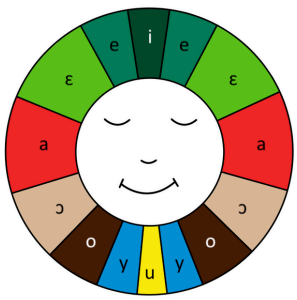


Figure 3.6.5.1. Soleil des voyelles de la Dynamique Naturelle de la Parole

- Les consonnes peuvent être représentées par des mouvements corporels qui représentent les caractéristiques articulatoires. Ainsi, les mouvements corporels sont plus brefs et rapides pour les consonnes occlusives, tandis qu'ils sont plus fluides et prolongés pour les consonnes fricatives.

- Les consonnes peuvent également être caractérisées à travers des massages dans le dos qui vont permettre à l'enfant de s'imprégner du ressenti corporel, favorisant ainsi la perception des phonèmes. Le « masseur » propulse les sons par les vibrations de sa voix et de ses mains près de l'oreille, dans le cou et le long de la colonne vertébrale de l'enfant.
- Pour finir, les phonèmes peuvent être représentés par des traces de peinture. L'enfant produit des traces de peinture sur une feuille, à l'aide de ses mains (voir la figure 3.5.2 ci-dessous pour un exemple). Ces traces représentent les mouvements générateurs de la parole. La réalisation des phonèmes se fait en repassant sur la trace sèche et en produisant le phonème-cible.

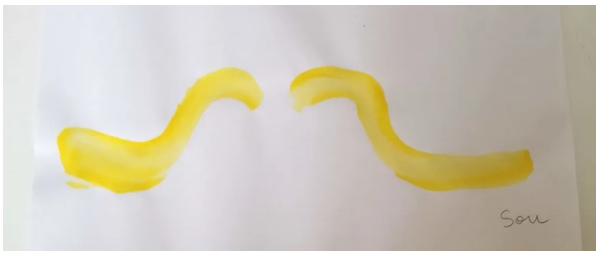


Figure 3.6.5.2. Exemple de trace de peinture faite par un enfant. Ici le mouvement représentant un serpent correspond au phonème [s] et la couleur jaune correspond au phonème [u].

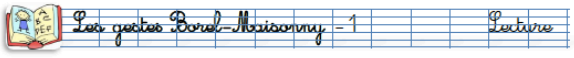
Ce travail phonologique et articulatoire par l'imprégnation corporelle (active et passive) et par la visualisation des traces de peinture favorise le développement de la discrimination phonétique, la prise de conscience de la syllabe muette et la succession temporelle des phonèmes (Ferté, 2007). La DNP utilise également la musique et les différents paramètres du rythme: timbre, durée, hauteur et intensité. Comme pour le phonème, la prise de conscience du rythme est favorisée par les canaux auditif, kinesthésique et visuel par le biais de l'écoute, du ressenti corporel et de la symbolisation des rythmes.

Langue en Mouvement

La Langue en Mouvement (LEM) est une approche dynamique et ludique pour sensibiliser les enfants à la phonologie du français, adaptée de la méthode Verbo-Tonale. Elle repose sur le rythme corporel et le rythme musical. En effet, elle implique l'utilisation de mouvements corporels illustrant les caractéristiques visuelles et/ou articulatoires des phonèmes. De plus, elle utilise des comptines qui permettent d'intégrer ces mouvements corporels à travers le rythme, l'intonation et la prosodie (André-Faber, 2015).

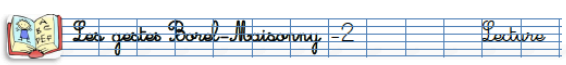
Gestes de Borel-Maisonny

Les gestes de Borel-Maisonny font partie d'une méthode d'apprentissage de la lecture créée par Suzanne Borel-Maisonny en 1949 et destinée principalement aux enfants atteints de dyslexie ou de dysorthographie. Il s'agit d'une approche phonétique où les phonèmes sont représentés par des gestes symboliques facilitant la mémorisation des graphèmes et permettant de développer des capacités de transcodage graphophonémique. Elle a pour objectif de faciliter l'entrée dans le langage écrit. La méthode repose sur trois axes : le phonème (ce qui est entendu), le graphème (ce qui est vu) et l'articulation (ce qui est dit). Chaque son est associé à un geste qui peut représenter soit la forme écrite du phonème (exemple : [z]), soit l'image articulatoire du phonème cible (exemple : [a]), soit l'idée d'écoulement (exemple : [f]), ou encore on associe le signe à une petite scène (exemple : [oi]). Ils sont utilisés pour aider les jeunes enfants sourds dans l'acquisition du code écrit, ils aident à la mémorisation et contribuent également à la précision de l'articulation (Legout, 2019). C'est une méthode syllabique progressive. L'enfant apprend à lire des syllabes puis des mots et ensuite des phrases, en suivant la progression des phonèmes simples (voyelles, consonnes continues et occlusives) aux phonèmes et aux graphies complexes (diphtongues, voyelles nasales, etc.).



Sons	Graphies	Gestes	Textes et mots référents
[a]	a		Ouvre la main, ouvre la bouche et dis **a**. C'est le **a** de rat.
[i]	i y		**i** a un doigt en l'air. C'est le **i** de lit et le **y** de pyjama.
[o]	o au, eau		Fais un rond avec tes doigts et dis **o**. C'est le **o** d'orange, le **au** de chaussures et le **eau** de bateau.
[u]	u		**u** a deux doigts en l'air. C'est le **u** de lune.
[é]	é er, ez		Mets ton accent en avant, comme **é**. C'est le **é** d'épée, le **er** de rocher et le **ez** de nez.
[è]	è, ê ai, ei, et		Mets ton accent en arrière comme le **è**. C'est le **è** de flèche et le **ê** de forêt, le **ai** de balai, le **ei** de reine et le **et** de bonnet.
[e]	e eu, œu		Fais un creux avec ta main et dis **e**. C'est le **e** de renard, le **eu** de fleur et le **œu** de cœur.
[eu]	eu, œu		Tu mets ton pouce entre tes deux doigts. C'est le **eu** de feu et le **œu** de nœud.
[ou]	ou		Trois doigts font le **o**, deux doigts font le **u** et tu dis **ou** en avançant. C'est le **ou** de loup.

Chat-noir



Sons	Graphies	Gestes	Textes et mots référents
[on]	on om		Loin de ton nez, c'est **o**. Près de ton nez, c'est **on**. C'est le **on** de **pont** et le **om** de nombres.
[an]	an, en am, em		Loin de ton nez, c'est **a**. Près de ton nez, c'est **an**. C'est le **an** de maman et le **en** de **vent**, le **am** de tambour et le **em** de tempête.
[in]	in im, ain, ein		Loin de ton nez, c'est **i**. Près de ton nez, c'est **in**. C'est le **in** de lapin, le **im** de timbre, le **ain** de pain et le **ein** de peinture.
[oi]	oi		Tu réunis tes doigts en pointe, comme le museau du chien. Puis tu les écartes en disant « oi ». C'est le **oi** de **roi**.
[oin]	oin		C'est le bec du canard, tu le fais avec tes deux doigts. Le canard ouvre le bec et dit « oin ». C'est le **oin** de **point**.
[ill]	ill eill, euill aill, ouill		Tu le dis et tu souffles en même temps. C'est le **ill** de **fille**.
[ill]	il eil, euil, ail, ouil		Tu le dis et tu souffles en même temps. C'est le **il** de réveil.
[ill]	ien ion ier ieu		Tu le dis et tu souffles en même temps. C'est le **i** de chien.
[ill]	ay uy oy		Tu le dis et tu souffles en même temps. C'est le **y** de crayon.

Chat-noir

Les gestes Borel-Maisonny -3 Lecture

Sons	Graphies	Gestes	Textes et mots référents
[f]	f ph		Suis la flèche et fais comme si tu frottais : il faut le dire longtemps. C'est le **f** de fée et le **ph** de **ph**otographie.
[s]	s, ss c, ç		Suis la flèche et dis longtemps **s**... C'est le **s** de serpent et **ss** de tasse, le **c** de citron et le **ç** de garçon.
[ch]	ch		Prends tes joues et dis **ch**. C'est le **ch** de **ch**at.
[v]	v		Fais un **v** avec tes mains. C'est le **v** de **v**ague.
[z]	z s		Ton doigt vole en zigzag comme une guêpe. Tu dis **zzz**... comme elle. C'est le **z** de Zorro et le **s** de maison.
[j]	j g		Fais un point sur ta joue comme sur le **j**. C'est le **j** de joue et le **g** de girafe.
[l]	l		Ta langue monte dans ta bouche comme ton doigt devant tes lèvres. C'est le **l** de langue.
[r]	r		C'est là, dans ta gorge, qu'il gratte un peu. C'est le **r** de **r**obot.
[m]	m		C'est une petite bête à trois pattes. Serre les lèvres pour la faire chanter dans ton nez. C'est le **m** de **m**onstre.

Chat-noir

Les gestes Borel-Maisonny -4 Lecture

Sons	Graphies	Gestes	Textes et mots référents
[n]	n		**n** chante dans ton nez, tu le sens avec tes deux doigts. C'est le **n** de **n**arines.
[p]	p		Tu montres un **p** avec ton poing puis ta bouche et ton poing s'ouvrent pour dire **p**. C'est le **p** de **p**apa.
[t]	t		Prends le **t** par sa petite ceinture entre les deux doigts et pince le. C'est le **t** de **t**apis.
[c]	c qu, k		Comme ton doigt le montre, Tu dis **c** au fond de ta bouche. C'est le **c** de canard, le **qu** de masque et le **k** de karaté.
[b]	b		Le **b** a son petit bedon devant. Tu fais le geste avec la main droite. C'est le **b** de **b**ébé.
[d]	d		**d** a sa bosse dans le dos. Fais le geste avec la main gauche. C'est le **d** de **d**os.
[g]	g gu		**g** se dit dans la bouche mais il chante dans la gorge. Tu montres ta bouche et ta gorge. C'est le **g** de gâteau et le **gu** de guitare.
[gn]	gn		Tu fais glisser ton doigt autour de ton nez. Tu montes d'un côté, tu descends de l'autre. C'est le **gn** de monta**gn**e.
[cs]	x		Tu croises tes doigts comme x. C'est le **x** de taxi.

Chat-noir

Figure 3.6.5.3. Gestes de Borel-Maisonny. Images tirées du site internet « le chat-noir » (https://leblogdechatnoir.fr).

Makaton

Le programme Makaton a été développé en 1972 par Margaret Walker en réponse aux besoins des adultes sourds ayant de graves difficultés d'apprentissage (Cuny et al., 2004). C'est un programme qui vise à développer les compétences communicatives et langagières, en utilisant des signes de la langue des signes française et/ou des pictogrammes, soutenus par la parole (Grove & Walker, 1990). Cet outil peut être proposé à toute personne ayant des difficultés de communication, de compréhension ou des troubles du développement du langage oral. Il s'agit d'une communication augmentative car c'est une approche multimodale utilisant plusieurs canaux de communication (auditifs et visuels) et d'une communication alternative car les enfants peuvent communiquer par d'autres moyens (signes, pictogrammes et langage écrit). Le Makaton utilise donc un vocabulaire complet et fonctionnel (Montoya & Bodart, 2009).

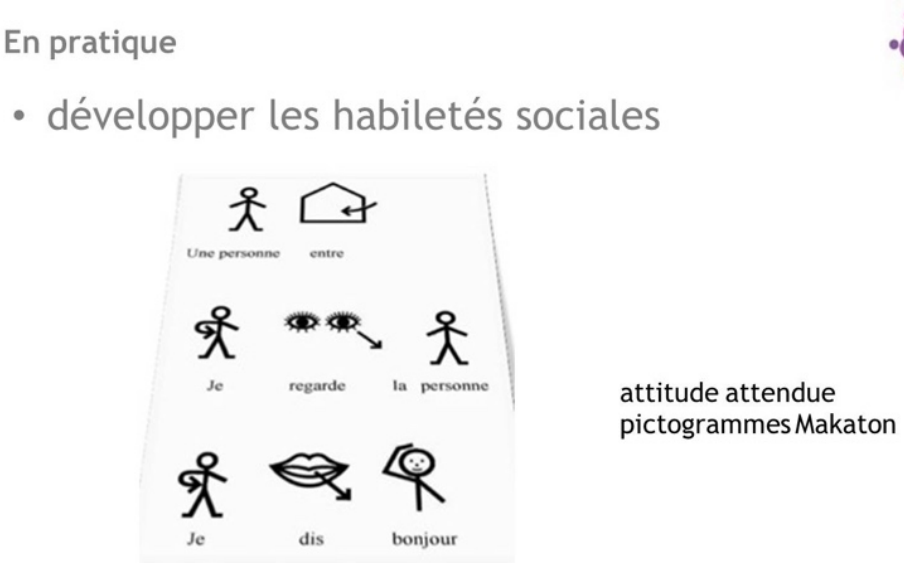


Figure 3.6.5.4. Exemple de phrase en Makaton soutenue par des pictogrammes pour développer les habiletés sociales de l'enfant.

Français Complet Signé et Codé

Le Français Complet Signé et Codé (FCSC) est une combinaison de la Langue française Parlée Complétée (LfPC) et du Français Signé. Il s'agit d'un système visuel dynamique qui aide à l'acquisition du français parlé. Il consiste à utiliser le Français Signé, tout en ponctuant la parole de LfPC pour les mots qui ne sont pas traduit par le français signé (les marques morphologiques et les mots grammaticaux). Par exemple, « *Ce* **soir**, *on* **mange** *des* **pâtes** » (mots en italique : code LfPC ; mots en gras : Français Signé) (Loundon et al., 2009). L'objectif du FCSC est de permettre aux enfants sourds de pouvoir s'exprimer par des signes, tout en restant intensivement exposés à des énoncés complétés par la LfPC. Il permet de conserver l'intérêt du signe et d'apporter des informations progressivement plus riches sur le plan cognitif et linguistique (Charlier, 1992). L'idée est de passer le plus rapidement possible à la LfPC seule en donnant des indices visuels sur la phonologie et la syntaxe.

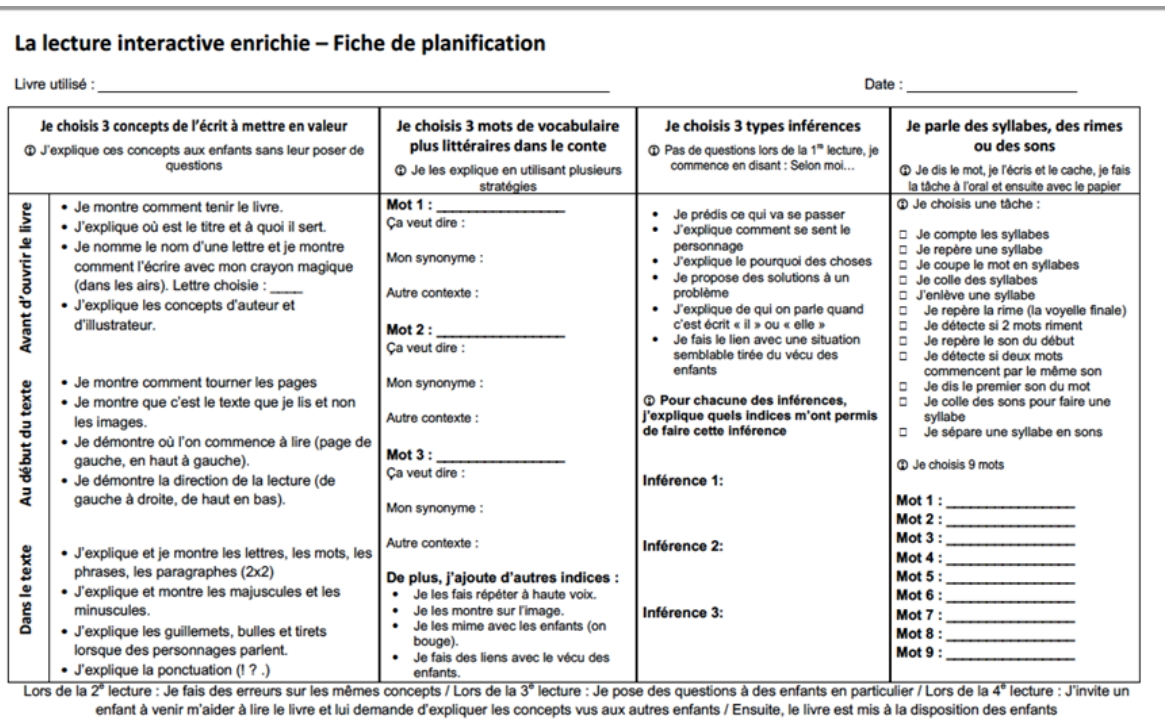
Dactylologie

La dactylologie est une transcription de l'alphabet écrit en signe. Chaque configuration manuelle représente une lettre. C'est un système d'aide à l'écriture comprenant 26 configurations. Elle peut être utilisée pour épeler des mots ou des noms propres et faire le lien avec le français écrit. Les lettres se réalisent au niveau de l'épaule avec la paume vers l'interlocuteur·rice. La revue systématique de Alawad & Musyoka (2018) montre qu'il existe un lien étroit entre l'utilisation de la dactylologie et le développement du vocabulaire et des compétences en littératie chez les adolescents sourds (Alawad & Musyoka, 2018).

Lecture interactive

La lecture est une habileté très complexe qui demande de nombreuses compétences : connaissances alphabétiques et calligraphiques, conscience de l'écrit, intérêt face à l'écrit, conscience phonologique, conscience phonémique, conversion graphème-phonème, etc. Ce n'est pas une compétence innée. En effet, il faut un apprentissage explicite pour connaître les conventions de lecture importantes, maîtriser la correspondance graphème – phonème et comprendre le sens des mots (Thomas, 2019).

Étant donné l'importance, la complexité et les difficultés d'apprentissage de la lecture, il est nécessaire de mettre en place un outil ludique, approprié et qui touche tous les prérequis à la lecture permettant une bonne entrée dans l'apprentissage de la lecture dès la maternelle. Dans ce cadre, la lecture interactive, appelée également lecture partagée enrichie, peut être proposée. Il s'agit d'un « *dispositif qui a pour but d'encourager la rencontre avec l'écrit et le développement du langage au départ du texte d'un album et de rendre explicites les stratégies de lecture de manière à approfondir la compréhension d'un texte. Lors de la séance de lecture interactive, l'adulte lit le texte avec la participation croissante du/des enfants ; il explore le texte en interaction constante avec lui/eux* » (Thomas, 2019). Cette méthode à l'avantage d'être attractive et de permettre à l'enfant de construire du sens. De plus, le rapport à la lecture est positif et les interventions d'un enfant profitent à l'ensemble du groupe (enrichissement mutuel). Les objectifs principaux sont le développement des conventions de l'écrit, du vocabulaire (littéraire), de la compréhension et de la conscience phonologique (Lefebvre, 2020). Les séances doivent être planifiées *a priori* selon les quatre approches de la lecture interactive : découverte du livre, erreurs, questions et lecture par les enfants. Afin de faciliter la planification des séances, le·la clinicien·ne dispose d'une feuille de planification qui rappelle les différents objectifs (cf. Figure 3.5.5). Celle-ci permet ainsi d'avoir une trace écrite de ce qui est travaillé.



La lecture interactive enrichie – Fiche de planification

Livre utilisé : _____ Date : _____

	Je choisis 3 concepts de l'écrit à mettre en valeur ① J'explique ces concepts aux enfants sans leur poser de questions	Je choisis 3 mots de vocabulaire plus littéraires dans le conte ① Je les explique en utilisant plusieurs stratégies	Je choisis 3 types inférences ① Pas de questions lors de la 1re lecture, je commence en disant : Selon moi…	Je parle des syllabes, des rimes ou des sons ① Je dis le mot, je l'écris et le cache, je fais la tâche à l'oral et ensuite avec le papier
Avant d'ouvrir le livre	• Je montre comment tenir le livre. • J'explique où est le titre et à quoi il sert. • Je nomme le nom d'une lettre et je montre comment l'écrire avec mon crayon magique (dans les airs). Lettre choisie : ____ • J'explique les concepts d'auteur et d'illustrateur.	**Mot 1 :** _____ Ça veut dire : Mon synonyme : Autre contexte : **Mot 2 :** _____ Ça veut dire : Mon synonyme : Autre contexte : **Mot 3 :** _____ Ça veut dire : Mon synonyme : Autre contexte :	• Je prédis ce qui va se passer • J'explique comment se sent le personnage • J'explique le pourquoi des choses • Je propose des solutions à un problème • J'explique de qui on parle quand c'est écrit « il » ou « elle » • Je fais le lien avec une situation semblable tirée du vécu des enfants **① Pour chacune des inférences, j'explique quels indices m'ont permis de faire cette inférence** **Inférence 1:** **Inférence 2:** **Inférence 3:**	① Je choisis une tâche : □ Je compte les syllabes □ Je repère une syllabe □ Je coupe le mot en syllabes □ Je colle des syllabes □ J'enlève une syllabe □ Je repère la rime (la voyelle finale) □ Je détecte si 2 mots riment □ Je repère le son du début □ Je détecte si deux mots commencent par le même son □ Je dis le premier son du mot □ Je colle des sons pour faire une syllabe □ Je sépare une syllabe en sons ① Je choisis 9 mots **Mot 1 :** _____ **Mot 2 :** _____ **Mot 3 :** _____ **Mot 4 :** _____ **Mot 5 :** _____ **Mot 6 :** _____ **Mot 7 :** _____ **Mot 8 :** _____ **Mot 9 :** _____
Au début du texte	• Je montre comment tourner les pages • Je montre que c'est le texte que je lis et non les images. • Je démontre où l'on commence à lire (page de gauche, en haut à gauche). • Je démontre la direction de la lecture (de gauche à droite, de haut en bas).			
Dans le texte	• J'explique et je montre les lettres, les mots, les phrases, les paragraphes (2x2) • J'explique et montre les majuscules et les minuscules. • J'explique les guillemets, bulles et tirets lorsque des personnages parlent. • J'explique la ponctuation (! ? .)	**De plus, j'ajoute d'autres indices :** • Je les fais répéter à haute voix. • Je les montre sur l'image. • Je les mime avec les enfants (on bouge). • Je fais des liens avec le vécu des enfants.		

Lors de la 2e lecture : Je fais des erreurs sur les mêmes concepts / Lors de la 3e lecture : Je pose des questions à des enfants en particulier / Lors de la 4e lecture : J'invite un enfant à venir m'aider à lire le livre et lui demande d'expliquer les concepts vus aux autres enfants / Ensuite, le livre est mis à la disposition des enfants

Figure 3.6.5.5. Feuille de planification pour la lecture interactive (Levebvre, 2014).

Lecture labiale

Le Dictionnaire d'Orthophonie (2004) définit la lecture labiale comme la perception visuelle du langage oral à l'aide de la reconnaissance des mouvements articulatoires du locuteur. C'est donc un outil naturel qui permet de traiter le signal de parole par le canal visuel, en interprétant les mouvements visibles des lèvres. Elle est particulièrement utilisée dans les environnements bruyants (Sumby & Pollack, 1954). Il existe une littérature importante soulignant que les informations visuelles et auditives de la parole sont intégrées dans le processus de perception de la parole (voir la partie 1.3. sur les théories multisensorielles). La lecture labiale est donc utilisée par tous, y compris par les personnes normo-entendantes. Son importance est illustrée par l'effet McGurk. McGurk & McDonald (1976) ont montré que dans une situation où le sujet entend la syllabe /ba/ en voyant simultanément un visage prononçant la syllabe /ga/, il perçoit la syllabe /da/. Ce résultat démontre que l'information provenant de la lecture labiale est impliquée dans la perception de la parole (Liberman & Mattingly, 1985). Il est possible d'apprendre à lire sur les lèvres selon plusieurs méthodes :

- La méthode globale : Elle consiste à deviner le sens global du récit en fonction du contexte. L'objectif n'est pas de reconnaître chaque élément du discours, mais de prendre en compte toutes les informations du texte (mimiques, gestes, etc.) pour en comprendre le sens. Cela s'apparente davantage à un entraînement à la suppléance

mentale qu'à la lecture labiale proprement dite. Par exemple, la personne peut être amenée à reconnaître le thème d'une discussion.

- La méthode analytique : Cette approche se focalise sur des exercices plus ciblés et demande plus d'efforts. L'enfant devra réussir à « déchiffrer » les éléments, indépendamment du contexte, en prenant conscience des caractéristiques articulatoires et en reconnaissant les phonèmes prononcés. Par exemple, on peut lui demander d'identifier un phonème ou une syllabe commune à plusieurs mots ou de saisir la notion de genre dans une phrase.

La lecture labiale contribue au développement des représentations phonologiques chez les enfants sourds (Alegria et al., 1999). Cependant, elle présente de nombreuses ambiguïtés et ne résout pas les situations où l'image labiale est similaire (par exemple, les phonèmes [m], [b] et [p] partagent le même lieu d'articulation). En effet, seuls 40% des phonèmes sont visuellement reconnaissables (Woodward & Barber, 1960). Il est impossible de lire totalement sur les lèvres car pour les 36 phonèmes de la langue française, seules 12 images labiales existent. Par conséquent, le développement du langage oral uniquement avec la lecture labiale est souvent irréalisable.

Musique

D'après le dictionnaire Le Larousse, la musique est l'art qui permet à l'homme de s'exprimer par l'intermédiaire des sons. Les sons possèdent plusieurs caractéristiques : le timbre, la hauteur, l'intensité et la durée. L'apprentissage de la musique nécessite de la concentration et de l'attention. Écouter, pratiquer un instrument et donc sensibiliser son oreille à la musique permettent aux personnes sourdes d'être plus réceptives aux sons qui les entourent, augmentant ainsi leur mémoire auditive et la compréhension du langage oral (APEDAV, 2016). Il est important de préciser qu'un entraînement musical ne doit pas être uniquement passif, et qu'il devrait inclure un moment où l'enfant peut manipuler les objets sonores et s'en imprégner. Chez les enfants normo-entendants, de nombreuses études montrent un impact positif de la pratique musicale sur plusieurs fonctions cognitives de haut niveau, comme l'attention, la mémoire de travail, et notamment les compétences langagières (pour une revue systématique, voir Kraus & Chandrasekaran, 2010). Les études qui ont mesuré l'impact de la musique sur le développement du langage chez l'enfant sourd porteur d'implants cochléaires sont peu nombreuses (pour une revue, voir Torppa & Huotilainen, 2019). Néanmoins, ces études mettent en évidence les bénéfices de la musique sur le développement du langage chez les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires.

Logiciels informatiques

Il existe de nombreux logiciels informatiques qui permettent le développement du langage, de la communication et de la parole chez l'enfant sourd. Chaque logiciel ou site internet, présente des objectifs différents. Les plus connus en France sont :

- Le monde sonore d'Otto: Ce logiciel multimédia d'éducation auditive a été créé initialement à l'intention des enfants sourds. Il peut être également utilisé avec des enfants présentant des troubles perceptivo-auditifs et/ou de l'attention. Ce logiciel stimule les facultés auditives des enfants en leur faisant découvrir et identifier des sons. Une grande variété d'environnements sonores de la vie quotidienne sont proposés (maison, rue, plage, etc.) (Vinet et al., 2004).
- Speechviewer : Ce logiciel ludique permet d'aider l'enfant à visualiser les qualités de la voix et de la parole et de renforcer la conscience phonétique et l'articulation (Romand, 1999). C'est un outil de rééducation pour l'articulation, le développement de la parole et de la voix chez les enfants sourds.
- La souris bleue : L'imagier sonore de La Souris bleue est un logiciel d'éveil auditif et d'évaluation des capacités auditives. Il utilise des échantillons sonores répartis en 11 thèmes (exemple : ferme, maison, transport, etc) et sollicite de façon ludique la fonction auditive en l'associant à différents modes de représentation (images, textes, sonagrammes, etc).
- AVAZ : cette application offre aux enfants ayant un trouble du spectre autistique ou des difficultés de communication la possibilité de sélectionner des mots dans un vocabulaire à la fois vaste et organisé, afin d'améliorer leur capacité de communication.
- Picto Selector : ce logiciel est gratuit et permet de faciliter la sélection et l'impression de pictogrammes.
- Langage oral.com : il s'agit d'un ensemble d'outils qui permet la création d'exercices de rééducation en fonction des objectifs à travailler pendant les séances (praxies bucco-faciales, articulation / parole, lexique, syntaxe, bruits).
- Snap Core : cette application de Communication Alternative et Augmentée robuste est basée sur les symboles.
- Clés en main : outil spécifique pour familiariser et entraîner les enfants sourds à la pratique de la LfPC.

Cette liste est non exhaustive. Il existe de nombreux autres logiciels ou applications conçus pour favoriser le développement du langage, de la parole et/ou de la voix chez les enfants.

Annexe 2 – Annexe de l'article 1 sur le traitement de données.

Pour les questions ouvertes, les participants étaient libres d'écrire ce qu'ils voulaient. Nous avons analysé chaque réponse obtenue et nous avons réparti les commentaires en plusieurs catégories. Un pourcentage par catégorie a été calculé à partir des personnes ayant répondu à cette question.

Par ailleurs, certains filtres ont été appliqués pour modéliser les données. En effet, ces filtres permettent de se concentrer sur un sous-groupe et de faire abstraction des autres pour analyser une population en particulier :

- Pour modéliser l'utilisation des outils d'aide à la communication, nous avons sélectionné uniquement les personnes ayant répondu « *j'utilise cet outil avec des enfants sourds* » (pour les professionnels) ou « *j'utilise cet outil avec mon enfant »* (pour les parents).
- Pour analyser l'émergence de chaque outil, nous avons sélectionné uniquement les personnes qui affirmaient connaitre cet outil.
- En ce qui concerne la satisfaction et les améliorations langagières observées par les parents grâce à ces outils, nous avons sélectionné les personnes qui utilisent cet outil (les parents ayant répondu *« j'utilise cet outil avec mon enfant »*).

Pour une meilleure modélisation et interprétation des résultats, certaines réponses ont été transformées en pourcentage. Pour l'utilisation des outils, ce pourcentage a été calculé à partir du nombre de participants affirmant utiliser cet outil, en fonction du nombre total de participants par questionnaire. En ce qui concerne la satisfaction et les progrès observés par les parents, une échelle de likert à trois niveaux (« tout à fait », « un peu », « pas du tout ») a été utilisée. Nous avons recodé les trois options en nombre numérique (« tout à fait » = 1, « un peu » = 2, « pas du tout » = 3) dans le but d'avoir un score de satisfaction et un score de progrès observés sur 3. Un pourcentage a été calculé à partir de ce score (par exemple, une note de satisfaction à l'échelle de likert de 2.56/3 donne un pourcentage de 85.33 %).

Enfin, des tests de comparaisons multiples entre le score de satisfaction des parents et le score de progrès observés, en fonction des trois outils (Français signé, LfPC et AVT) ont été effectués.

Annexe 3 – Questionnaires utilisés pour l'article 1 (état des lieux des outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds).

Questionnaire pour les professionnel.le.s de la surdité

Chère Madame, cher Monsieur,

Je suis orthophoniste et étudiante en thèse au Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition (LPNC) et au Laboratoire de Grenoble Image Parole Signal Automatique (GIPSA-lab) à l'Université Grenoble Alpes (UGA) sous la supervision de Anne Vilain et Hélène Lœvenbruck. Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'un programme européen "Comm4CHILD" (Communication for Children with Hearing Impairment to optimise Language Development) qui vise à optimiser la communication et l'inclusion sociale d'enfants présentant des troubles auditifs.

Dans ce cadre, je cherche actuellement à recueillir des données sur les outils d'aide à la communication utilisés chez l'enfant avec une déficience auditive. Des descriptions quantitatives et qualitatives à large échelle sont nécessaires afin de mieux comprendre l'impact de ces outils sur le développement des capacités de communication orale et d'améliorer les stratégies d'intervention et de remédiation orthophonique et éducative. A terme, nous espérons que ces données permettront de fournir des recommandations fondées sur des données probantes pour la remédiation de la parole et le soutien scolaire des enfants avec une déficience auditive.

Si vous acceptez de participer à cette recherche, vous devrez remplir un questionnaire qui vous prendra environ 10 minutes.

À aucun moment, nous ne vous demanderons votre identité. Toutes vos réponses resteront strictement anonymes et nous n'enregistrerons pas votre adresse IP.

Vous pouvez à tout moment vous retirer de l'enquête en ligne, sans préjudice et sans avoir à vous justifier.

Une fois le questionnaire rempli, vos réponses étant strictement anonymes, vous pourrez demander leur rectification ou leur suppression en nous envoyant une requête avec votre identifiant anonyme*.

Les résultats de cette étude seront diffusés dans des colloques et des articles scientifiques. Les réponses, toujours anonymes, pourront être mises à disposition de la communauté scientifique sur des plateformes de Science Ouverte (telles que *Open Science Framework*).

Ce questionnaire est destiné aux professionnel·le·s prenant ou ayant pris en charge un enfant sourd.

Votre collaboration nous est précieuse et nous vous remercions vivement pour le temps que vous consacrerez à cette enquête.

* *Conformément à l'article 11 alinéa 1 au Règlement Général sur la Protection des Données (le RGPD, en vigueur depuis le 25 mai 2018) et la Loi Informatique et Libertés.*

Lucie Van Bogaert, orthophoniste doctorante au LPNC et au GIPSA-lab

Consentement éclairé de participation à l'étude

En cochant la case "j'accepte de participer", je reconnais que je suis majeur·e, que j'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et que j'accepte de participer à cette étude scientifique.

(Cette question est obligatoire)
Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous
- J'accepte de participer
- Je refuse de participer

1. Informations personnelles

Quelle est votre profession ?
- Orthophoniste

- Enseignant·e
- Enseignant·e spécialisé·e
- Educateur·rice spécialisé·e
- Agent Territorial Spécialisé des Ecoles Maternelles (ATSEM)
- Accompagnant·e des Elèves en Situation d'Handicap (AESH)
- Médecin ORL
- Pédiatre
- Autre :

Où avez-vous fait vos études ?
- Nom de l'université ou de l'école
- Pays et Ville
- Année de diplôme

Quel âge avez-vous ?
- 20-30 ans
- 31-40 ans
- 41-50 ans
- 51-60 ans
- 61-70 ans
- Plus de 70 ans

Depuis combien de temps exercez-vous ?
- 1-10 ans
- 11-20 ans
- 21-30 ans
- 31-40 ans
- Plus de 40 ans

2. Informations sur l'établissement

Dans quelle région exercez-vous ?
- Auvergne-Rhône-Alpes
- Bourgogne-Franche-Comté
- Bretagne
- Centre-Val de Loire
- Corse
- Grand Est
- Hauts-de-France
- Île-de-France
- Normandie
- Nouvelle-Aquitaine
- Occitanie
- Pays de la Loire
- Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Guadeloupe
- Martinique
- Guyane
- La Réunion
- Mayotte
- Autre :

Quel est votre lieu de travail + nom de l'établissement si vous le souhaitez ?
- Hôpital
- École général
- École spécialisé
- Cabinet libéral
- Centre paramédical, centre pluridisciplinaire, centre de santé, maison de santé, maison médicale, centre médico-social

- Association
- Autre :

Dans quel environnement pratiquez-vous ?
- Urbain (concerne les villes et agglomérations, se définit par la densité importante de population)
- Péri-urbain (espace intermédiaire entre les villes et la campagne, concerne les zones situées aux abords immédiats d'une ville)
- Rural (concerne les zones qui se situent en dehors des centres urbanisés, à la campagne)
- Autre :

Nombre d'enfants dans l'établissement
- Enfants normo-entendants
- Enfants avec déficience auditive

Age des enfants (min-max) :

À quelle fréquence prenez-vous/avez-vous pris en charge des enfants sourds ?
- Tous les jours
- 2-3 fois par semaine
- Une fois par semaine
- 2-3 fois par mois
- Une fois par mois
- Moins d'une fois par mois

Travaillez-vous avec une équipe pluridisciplinaire ?

Avec quel·le·s professionnel·le·s ?
- Orthophoniste
- Psychologue/neuropsychologue
- Assistant·e social·e
- Pédiatre
- Oto-rhinolaryngo-logiste (ORL)
- Enseignant·e
- Enseignant·e spécialisé·e
- Interprète
- Enseignant·e en langue des signes
- Interface en langue des signes
- Codeur·euse en LfPC
- Kinésithérapeute
- Audiologiste, audioprothésiste
- Psychomotricien·ne
- Ergothérapeute
- Accompagnement des Élèves en Situation d'Handicap (AESH)
- Enseignant·e de soutien (CAPSAIS/CAPPEI ou CAPEJS)
- Educateur·rice spécialisé·e
- Educateur·rice Jeunes Enfants (EJE)
- Agent Territorial Spécialisé des Écoles Maternelles (ATSEM)
- Médiateur à la communication
- Autre :

3. Informations sur les outils d'aide à la communication

Les outils d'aide à la communication sont des moyens humains et/ou matériels permettant de communiquer autrement ou mieux qu'avec les modes habituels et naturels. Ils permettent d'aider l'enfant sourd à communiquer grâce à la mise en place de moyens de communication.

Ces outils sont divisés en trois parties dans ce questionnaire:
- Les outils pour la communication orale
- Les outils pour la communication bilingue (LSF + français)
- Les outils pour le communication signée (LSF)

Selon vous, est-il important de mettre en place des outils d'intervention chez l'enfant porteur de déficience auditive ? Si oui, pourquoi ?

3.1. Communication orale : outils de communication augmentatifs et/ou alternatifs à la langue orale

	J'utilise cet outil avec des enfants sourds	Je prends quelques idées de cet outil	J'ai utilisé cet outil mais je ne l'utilise plus	Je suis en cours d'apprentissage	J'utilise cet outil mais pas avec des enfants sourds	Je connais cet outil mais je ne l'utilise pas	Je ne connais pas cet outil
Méthode verbo-tonale							
Dynamique Naturelle de la Parole (DNP)							
Langue en mouvement							
Langue française Parlée Complétée (LfPC)							
Alphabet des Kinèmes Assistés (AKA)							
Gestes de Borel-Maisonny							
Programme MAKATON							
Illustration articulatoire visuelle (tête parlante)							

Quelle·s idée·s prenez-vous de cet ou ces outil·s ?

Pour quelle·s raison·s n'utilisez-vous plus cet ou ces outil·s ?

Dans quelle·s situation·s utilisez-vous la LfPC ?

- Dès que je communique avec les enfants sourds
- Lorsque les enfants ne comprennent pas ce que je dis
- Dans des situations bruyantes
- Pour expliquer des nouveaux mots/concepts
- Pour corriger les enfants
- Lorsque les enfants ne portent pas leurs aides auditives (ex : plus de batterie, otite, oubli, etc)
- Autre :

Dans quelle·s situation·s utilisez-vous le MAKATON ?

- Dès que je communique avec les enfants sourds
- Lorsque les enfants ne comprennent pas ce que je dis
- Dans des situations bruyantes
- Pour expliquer des nouveaux mots/concepts
- Pour corriger les enfants ou donner des précisions
- Lorsque les enfants ne portent pas leurs aides auditives (ex : plus de batterie, otite, oubli, etc)
- Lorsque les enfants n'ont pas d'aides auditives
- Autre :

Communication orale et/ou écrite : autres approches

	J'utilise cet outil avec des enfants sourds	Je prends quelques idées de cet outil	J'ai utilisé cet outil mais je ne l'utilise plus	Je suis en cours d'apprentissage	J'utilise cet outil mais pas avec des enfants sourds	Je connais cet outil mais je ne l'utilise pas	Je ne connais pas cet outil
Lecture Interactive ou Lecture partagée enrichie							
Auditory Verbal Therapy							
Entraînement Musical							
Entrainement à la lecture labiale							
Gestion mentale							

Quelle·s idée·s prenez-vous de cet ou ces outil·s ?

Pour quelle·s raison·s est-ce que vous n'utilisez plus cet ou ces outil·s ?

Communication orale : outils de communication intégrant la Langue des Signes Française et le Français

	J'utilise cet outil avec des enfants sourds	Je prends quelques idées de cet outil	J'ai utilisé cet outil mais je ne l'utilise plus	Je suis en cours d'apprentissage	J'utilise cet outil mais pas avec des enfants sourds	Je connais cet outil mais je ne l'utilise pas	Je ne connais pas cet outil
Français Signé							
Français Complet Signé et Codé (FCSC)							
Dactylologie							

Quelle·s idée·s prenez-vous de cet ou ces outil·s ?

Pour quelle·s raison·s n'utilisez-vous plus cet ou ces outil·s ?

Dans quelle·s situation·s utilisez-vous le français signé ?

- Dès que je communique avec les enfants sourds
- Lorsque les enfants ne comprennent pas ce que je dis
- Dans des situations bruyantes
- Pour expliquer des nouveaux mots/concepts
- Pour corriger les enfants
- Lorsque les enfants ne portent pas leurs aides auditives (ex : plus de batterie, otite, oubli, …)
- Autre :

Dans quelle·s situation·s utilisez-vous le français complet signé et codé ?

- Dès que je communique avec les enfants sourds
- Lorsque les enfants ne comprennent pas ce que je dis
- Dans des situations bruyantes
- Pour expliquer des nouveaux mots/concepts
- Pour corriger les enfants
- Lorsque les enfants ne portent pas leurs aides auditives (ex : plus de batterie, otite, oubli, …)
- Autre :

Comment avez-vous eu connaissance de cet ou ces outil·s ?

	Sites Internet spécialisés en surdité	Réseaux sociaux	Formation initiale	Formation continue	Personne de l'entourage	Professionnel·le de santé	Autre	Je ne connais pas
Méthode verbo-tonale								
Dynamique Naturelle de la Parole (DNP)								
Langue en mouvement								
Langue française Parlée Complétée (LfPC)								
Alphabet des Kinèmes Assistés (AKA)								
Geste de Borel-Maisonny								
Programme MAKATON								
Illustration visuelle articulatoire								
Lecture interactive ou lecture partagée enrichie								
Auditory Verbal Therapy (AVT)								
Entraînement à la lecture labiale								
Entraînement Musical								
Gestion mentale								

Français Signé								
Français Complet Signé et Codé (FCSC)								

A quelle fréquence utilisez-vous ces outils ?

	Tout le temps	De temps en temps	Rarement	Jamais
Méthode verbo-tonale				
Dynamique Naturelle de la Parole (DNP)				
Langue en mouvement				
Langue française Parlée Complétée (LfPC)				
Alphabet des Kinèmes Assistés (AKA)				
Geste de Borel-Maisonny				
Programme MAKATON				
Illustration visuelle articulatoire				
Lecture interactive ou lecture partagée enrichie				
Auditory Verbal Therapy (AVT)				
Entraînement à la lecture labiale				
Entraînement Musical				
Gestion mentale				
Français Signé				
Français Complet Signé et Codé				

3.2. Communication bilingue

	J'utilise cette approche	Je suis en cours d'apprentissage	J'ai utilisé cette approche mais je ne l'utilise plus aujourd'hui	Je connais cette approche mais je ne l'utilise pas	Je ne connais pas cette approche
Approche bilingue LSF + Français (les deux langues sont utilisées mais pas en même temps)					

Comment utilisez-vous l'approche bilingue ?

- Le français est introduit dans sa forme écrite et orale
- Le français est introduit dans sa forme écrite
- Le français est introduit dans sa forme orale
- Autre :

3.3 Communication signée (LSF)

	Je pratique couramment la LSF	Je connais la LSF mais ne l'utilise pas pendant les séances de rééducation	Je suis en cours d'apprentissage de la LSF	Je ne connais pas la LSF
Langue des signes française				

Dans quelle·s situation·s utilisez-vous la LSF ?

- Dès que je communique avec les enfants sourds
- Lorsque les enfants ne comprennent pas ce que je dis
- Dans des situations bruyantes
- Pour expliquer des nouveaux mots/concepts
- Pour corriger les enfants
- Lorsque les enfants ne portent pas leurs aides auditives (ex : plus de batterie, otite, oubli, …)
- Lorsque les enfants n'ont pas d'aides auditives
- Autre :

4. L'accompagnement parental

L'accompagnement parental en surdité sert à informer les parents sur ce qu'est la surdité et ses conséquences. Il aide les parents à ajuster leurs comportements en tenant compte des besoins de leur enfant et les attitudes à promouvoir pour qu'il·elle puisse développer de meilleures compétences langagières.

Utilisez-vous l'accompagnement parental ?

- Oui

- Non
- Parfois

De quelle manière utilisez-vous la guidance parentale ?

Connaissez-vous d'autres outils de rééducation pour les enfants avec une déficience auditive ? Si oui, lesquels ?

Selon vous, quel est ou quels sont le·s outil·s d'aide à la communication le·s plus efficace·s pour le développement langagier chez l'enfant sourd ? Pourquoi ?

Selon vous, quel est ou quels sont le·s outil·s d'aide à la communication le·s moins adapté·s pour le développement langagier chez l'enfant sourd ? Pourquoi ?

Quelles sont les variables que vous prenez en compte dans le choix de la mise en place d'un outil ou d'un moyen de communication ?

Avez-vous le sentiment d'être assez renseigné·e sur les outils et les stratégies pour prendre en charge un enfant sourd ?

- Tout à fait
- Un peu
- Pas du tout

Pouvez-vous expliquer pourquoi ?

Avez-vous des remarques/ recommandations concernant cette étude et/ou le questionnaire ?

Merci beaucoup pour votre collaboration ! Si vous avez des questions ou si vous voulez échanger sur certaines informations, vous pouvez nous contacter à l'adresse email suivante : projet-comm4CHILD@univ-grenoble-alpes.fr

Questionnaire pour les parents d'enfants sourds

Chère Madame, cher Monsieur,

Je suis orthophoniste et étudiante en thèse au Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition (LPNC) et au Laboratoire de Grenoble Image Parole Signal Automatique (GIPSA-lab) à l'Université Grenoble Alpes (UGA) sous la supervision de Anne Vilain et Hélène Lœvenbruck. Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'un programme européen "Comm4CHILD" (Communication for Children with Hearing Impairment to optimise Language Development) qui vise à optimiser la communication et l'inclusion sociale d'enfants présentant des troubles auditifs.

Dans ce cadre, je cherche actuellement à recueillir des données sur les outils d'aide à la communication utilisés chez l'enfant avec une déficience auditive. Des descriptions quantitatives et qualitatives à large échelle sont nécessaires afin de mieux comprendre l'impact de ces outils sur le développement des capacités de communication orale et d'améliorer les stratégies d'intervention et de remédiation orthophonique et éducative. A terme, nous espérons que ces données permettront de fournir des recommandations fondées sur des données probantes pour la remédiation de la parole et le soutien scolaire des enfants avec une déficience auditive.

Si vous acceptez de participer à cette recherche, vous devrez remplir un questionnaire qui vous prendra environ 15-20 minutes. À aucun moment, nous ne vous demanderons votre identité. Toutes vos réponses resteront strictement anonymes et nous n'enregistrerons pas votre adresse IP.

Vous pouvez à tout moment vous retirer de l'enquête en ligne, sans préjudice et sans avoir à vous justifier. Une fois le questionnaire rempli, vos réponses étant strictement anonymes, vous pourrez demander leur rectification ou leur suppression en nous envoyant une requête avec votre identifiant anonyme *. Les résultats de cette étude seront diffusés dans des colloques et des articles scientifiques. Les réponses, toujours anonymes, pourront être mises à disposition de la communauté scientifique sur des plateformes de Science Ouverte (telles que *Open Science Framework*).

Ce questionnaire est destiné aux parents d'enfants sourds ou malentendants. Si vous avez plusieurs enfants porteurs de déficience auditive et que vous acceptez de participer à cette recherche, merci de bien vouloir remplir ce questionnaire pour chaque enfant sourd ou malentendant.

Il est possible d'organiser une rencontre virtuelle si vous désirez remplir ce questionnaire via un entretien en ligne ou si vous avez besoin d'un·e interprète en LSF ou d'un·e codeur·euse en LfPC. Dans ces cas-là, vous pouvez me contacter par email : projet-comm4child@univ-grenoble-alpes.fr ou par téléphone: +33 6 24 84 93 34

Votre collaboration nous est précieuse et nous vous remercions vivement pour le temps que vous consacrerez à cette enquête.

** Conformément à l'article 11 alinéa 1 au Règlement Général sur la Protection des Données (le RGPD, en vigueur depuis le 25 mai 2018) et la Loi Informatique et Libertés.*

Lucie Van Bogaert, orthophoniste doctorante au LPNC et au GIPSA-lab

Consentement éclairé de participation à l'enquête

En cochant la case "j'accepte de participer", je reconnais que je suis majeur·e, que j'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et que j'accepte de participer à cette étude scientifique.

(Cette question est obligatoire)
Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

- J'accepte de participer
- Je refuse de participer

1. Informations sur les outils d'aide à la communication

Les outils d'aide à la communication sont des moyens humains et/ou matériels permettant de communiquer autrement ou mieux qu'avec les modes habituels et naturels. Ils permettent d'aider l'enfant sourd à communiquer grâce à la mise en place de moyens de communication.

Utilisez-vous des méthodes/outils d'aide à la communication pour communiquer avec votre enfant ?
- Oui
- Non
- Parfois

1.1. Auditory Verbal Therapy : Cette méthode s'appuie uniquement sur l'audition dans le but de développer au maximum la compréhension auditive chez l'enfant implanté ou appareillé (en bannissant notamment toute forme d'aides visuelles : signes, lecture labiale, etc.).
- Cette méthode est utilisée ou a été utilisée par au moins un membre de la famille, même occasionnellement
- Je suis en cours d'apprentissage de cette méthode ou au moins un membre de ma famille est en cours d'apprentissage
- Je connais cette méthode mais personne ne l'utilise dans la famille
- Je ne connais pas cette méthode

Utilisez-vous actuellement cette méthode ?
- Oui
- Non

Pour quelle·s raison·s vous n'utilisez plus cette méthode ?

Qui dirige ou dirigeait les séances AVT ?
- Père
- Mère
- Frère/sœur
- Grand·s parent·s
- Ami·e·s
- Autre :

À quelle fréquence utilisez-vous la méthode AVT?
- Tous les jours
- 2-3 fois par semaine
- Une fois par semaine
- 2-3 fois par mois
- Une fois par mois
- Moins d'une fois par mois
- Autre :

Comment avez-vous eu connaissance de cette méthode ?
- Par le biais de sites internet spécialisés en surdité
- Par le biais de réseaux sociaux
- Par le biais d'un·e professionnel·le de santé en France
- Par le biais d'un·e professionnel·le de santé hors France
- Par le biais de quelqu'un de l'entourage
- Autre :

Quel était l'âge de votre enfant lorsqu'il·elle a commencé à utiliser la méthode AVT ?

	Tout à fait	Un peu	Pas du tout
Êtes-vous satisfait·e de cette méthode?			
Avez-vous l'impression que votre enfant a fait des progrès langagiers grâce à cette méthode ?			

Pouvez-vous décrire les progrès langagiers que vous avez observés ou qu'une autre personne a observés ?

1.2. Langue française Parlée Complétée (LfPC) : C'est un code manuel autour du visage qui complète la lecture labiale

- Ce code est utilisé ou a été utilisé par au moins un membre de la famille, même occasionnellement
- Je suis en cours d'apprentissage de ce code ou au moins un membre de ma famille est en cours d'apprentissage
- J'ai entendu parler de ce code et mon enfant l'utilise ou y est exposé en dehors du foyer familial
- J'ai entendu parler de ce code mais personne ne l'utilise dans la famille
- Je ne connais pas ce code

Utilisez-vous actuellement ce code ?
- Oui
- Non

Pour quelle·s raison·s n'utilisez-vous plus ce code?

Qui pratique ou pratiquait la LfPC dans la famille ?
- Père
- Mère
- Frère·s/sœur·s
- Grand·s parent·s
- Ami·e·s
- Autre :

Dans quelle·s situation·s ?
- Dès que quelqu'un communique avec mon enfant
- Lorsque mon enfant ne comprend pas ce qui est dit
- Dans des situations bruyantes
- Pour expliquer des nouveaux mots/concepts
- Pour corriger mon enfant
- Quand mon enfant ne porte pas ses aides auditives (ex : le bain, plus de batterie, otite,…)
- Autre :

Dans quel·s contexte·s votre enfant est-il·elle exposé·e à ce code?
- A la maison
- A l'école
- Lors des séances avec l'orthophoniste ou autre profesionnel·le
- Autre :

Comment avez-vous eu connaissance de ce code?
- Par le biais de sites internet spécialisés en surdité
- Par le biais de réseaux sociaux
- Par le biais d'un·e professionnel·le de santé en France
- Par le biais d'un·e professionnel·le de santé hors France
- Par le biais d'une personne de mon entourage
- Autre :

A quel âge votre enfant a-t-il·elle été exposé·e pour la première fois à la LfPC ?

	Tout à fait	Un peu	Pas du tout
Est-ce que votre enfant sait coder la LfPC ?			
Êtes-vous satisfait.e de ce code?			
Avez-vous l'impression que votre enfant a fait des progrès langagiers grâce à ce code?			

Pouvez-vous nous décrire les progrès langagiers que vous avez observés ou qu'une autre personne a observés ?

Dans quelle·s situation·s votre enfant code-t-il·elle ?
- En présence d'autres enfants sourds
- Lorsqu'on lui demande de coder

- Lorsqu'il·elle communique oralement
- Autre :

1.3. Français Signé : C'est un outil de communication utilisant une combinaison de mots du français et de signes de la Langue des Signes Française

- Cet outil est utilisé ou a été utilisé par au moins un membre de la famille, même occasionnellement
- Je suis en cours d'apprentissage du français signé ou au moins un membre de la famille est en cours d'apprentissage
- J'ai entendu parler de cet outil et mon enfant l'utilise ou y est exposé en dehors du foyer familial
- J'ai entendu parler de cet outil mais personne ne l'utilise dans la famille
- Je ne connais pas cet outil

Utilisez-vous actuellement cet outil ?

- Oui
- Non

Pour quelle·s raison·s n'utilisez-vous plus cet outil ?

Qui utilise ou utilisait le Français Signé dans la famille ?

- Père
- Mère
- Frère·s/sœur·s
- Grand·s parent·s
- Ami·e·s
- Autre :

Dans quelle·s situation·s cet outil est-il utilisé ?

- Dès que quelqu'un communique avec mon enfant
- Lorsque mon enfant ne comprend pas ce qui est dit
- Dans des situations bruyantes
- Pour expliquer des nouveaux mots/concepts
- Pour corriger mon enfant
- Quand mon enfant ne porte pas ses aides auditives (ex : le bain, plus de batterie, otite,…)
- Autre :

Dans quel·s contexte·s votre enfant est-il·elle exposé·e à cet outil ?

- A la maison
- A l'école
- Lors des séances avec l'orthophoniste ou autre profesionnel·le
- Autre :

Comment avez-vous eu connaissance de cet outil ?

- Par le biais de sites internet spécialisés en surdité
- Par le biais de réseaux sociaux
- Par le biais d'un·e professionnel·le de santé en France
- Par le biais d'un·e professionnel·le de santé hors France
- Par le biais d'une personne de l'entourage
- Autre :

A quel âge votre enfant a-t-il·elle été exposé·e pour la première fois au français signé ?

	Tout à fait	Un peu	Pas du tout
Est-ce que votre enfant utilise le Français Signé ?			
Êtes-vous satisfait·e de cet outil ?			
Avez-vous l'impression que votre enfant a fait des progrès langagiers grâce à cet outil ?			

Dans quelle·s situation·s votre enfant utilise-t-il·elle le français signé ?

- En présence d'autres enfants sourds
- Lorsqu'on lui demande de l'utiliser

- Lorsqu'il·elle communique oralement
- Autre :

Pouvez-vous décrire les progrès langagiers que vous avez observés ou qu'une autre personne a observés ?

1.4. La langue des signes française (LSF)

- Cette langue est utilisée couramment par au moins un membre de ma famille
- Cette langue est un peu utilisée par au moins un membre de ma famille
- Cette langue est en cours d'apprentissage par au moins un membre de ma famille
- Personne n'utilise la LSF dans ma famille mais mon enfant l'utilise en dehors du foyer familial
- Personne n'utilise la LSF dans ma famille

Qui utilise la LSF ?
- Mon enfant
- Père
- Mère
- Frère/sœur
- Grands parents
- Ami·e·s
- Autre :

Dans quelle·s situation·s cette langue est-elle utilisée ?
- Dès que quelqu'un communique avec mon enfant
- Lorsque mon enfant ne comprend pas ce qui est ditDans des situations bruyantes
- Pour expliquer des nouveaux mots/concepts
- Pour corriger mon enfant
- Quand mon enfant ne porte pas ses aides auditives (ex : le bain, plus de batterie, otite,…)
- Autre :

Dans quel·s contexte·s votre enfant est-il·elle exposé·e à cette langue ?
- A l'école
- A la maison
- Lors des séances avec l'orthophoniste ou autre profesionnel·le
- Autre :

Êtes-vous satisfait·e de la LSF ?
- Tout à fait
- Un peu
- Pas du tout

Pour quelle·s raison·s ?

Avez-vous des remarques concernant l'utilisation de la LSF ?

Connaissez-vous ou utilisez-vous d'autres outils d'aide à la communication avec votre enfant ? Si oui, lesquels ?

Avez-vous bénéficié ou bénéficiez-vous d'un outil d'aide à la communication ? Si oui, lequel ?

Avez-vous l'impression d'être suffisamment renseigné·e sur les différents outils d'aide à la communication qui existent et suffisamment accompagné·e pour la mise en place d'un environnement adapté à votre enfant ?
- Oui
- Un peu
- Pas du tout

Pouvez-vous expliquer pourquoi ?

2. Informations personnelles

Dans quelle région habitez-vous ?

- Auvergne-Rhône-Alpes
- Bourgogne-Franche-Comté
- Bretagne
- Centre-Val de Loire
- Corse
- Grand Est
- Hauts-de-France
- Île-de-France
- Normandie
- Nouvelle-Aquitaine
- Occitanie
- Pays de la Loire
- Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Guadeloupe
- Martinique
- Guyane
- La Réunion
- Mayotte
- Autre :

Nombre d'enfants dans la famille
- Enfants entendants:
- Enfants sourds:

A l'exception de votre enfant, est-ce qu'un autre membre de votre famille présente une déficience auditive ?
- Oui
- Non

Qui présente une déficience auditive ?
- Père
- Mère
- Frère·s/sœur·s
- Grand·s parent·s
- Autre :

3. Informations sur votre enfant sourd

Quel est l'âge de votre enfant sourd?

Quel est le genre de votre enfant ?
- Fille
- Garçon

A quel âge la surdité a-t-elle été diagnostiquée (en mois) ?

Quel type de surdité présente votre enfant ?
- Surdité de transmission
- Surdité de perception
- Surdité mixte (surdité de transmission + surdité de perception)
- Je ne sais pas
- Autre :

Quel est le degré de surdité de votre enfant ?
- Surdité légère (21 à 40 dB de perte)
- Surdité moyenne (41 à 70 dB de perte)
- Surdité sévère (71 à 90 dB de perte)
- Surdité profonde (91 à 119 dB de perte)
- Cophose (à partir de 120 dB de perte)
- La surdité de mon enfant est évolutive
- Je ne sais pas

- Autre :

Pouvez-vous préciser l'évolution de la surdité de votre enfant ?

Votre enfant dispose-t-il·elle d'aide·s auditive·s ?
- Oui
- Non

De quelle·s aide·s auditive·s dispose-t-il ·elle?

	Oreille gauche	Oreille droite
Implant cochléaire		
Appareil auditif		
Prothèse auditive à ancrage osseux (BAHA)		
Implant du tronc cérébral		
Implant d'oreille moyenne VIBRANT SOUNDBRIDGE (VSB)		
Prothèse vibratoire à conduction osseuse (ADHeAr)		
Autre		
Pas d'appareillage de ce côté-ci		

Si vous le connaissez, quel est le seuil auditif de votre enfant ?

	Oreille gauche	Oreille droite
Avec les aides auditives :		
Sans les aides auditives :		

Quel âge (en mois) avait votre enfant lorsqu'il·elle a bénéficié de cette/ces aide·s auditive·s?
- Oreille gauche :
- Oreille droite:

Quel est le niveau scolaire de votre enfant ?
- Petite section (PS)
- Moyenne section (MS)
- Grande section (GS)
- Cours préparatoire (CP)
- Cours élémentaire 1 (CE1)
- Cours élémentaire 2 (CE2)
- Cours moyen 1 (CM1)
- Cours moyen 2 (CM2)
- Sixième
- Cinquième
- Quatrième
- Troisième
- Seconde
- Première
- Terminale
- Mon enfant n'est pas encore scolarisé·e
- Autre :

Dans quel type d'enseignement votre enfant est-il·elle scolarisé·e ?
- Inclusion totale dans un enseignement général
- Spécialisé + Inclusion partielle dans un enseignement général
- Spécialisé
- Mon enfant n'est pas scolarisé·e
- Enseignement à domicile
- Autre :

De quelle·s aide·s dispose-t-il·elle dans l'enseignement général avec une inclusion ?
- Il ne dispose pas d'aide spécialisée
- Présence d'interprète en LSF
- Activités de sensibilisation organisées par l'établissement
- Aménagements pour les examens
- Présence de codeur·euse en LfPC

- Aide d'un·e accompagnant·e d'élèves en situation de handicap (AESH)
- Présence d'un·e enseignant·e de soutien (CAPSAIS/CAPPEI ou CAPEJS)
- Adaptations technologiques (ex: amplificateur ou boucle magnétique, dispositif Haute Fréquence, etc)
- Adaptations pédagogiques (ex: position de l'enseignant·e en classe, place de l'enfant en classe, classes fonctionnelles, peu bruyantes et bien éclairées, etc)
- Autre :

Quelle·s langue·s parlez-vous avec votre enfant à la maison ?
- Français
- Langue des signes (LSF)
- Autre :

Quelle langue utilisez-vous le plus avec votre enfant ?
- Français
- Langue des Signes
- Les deux langues sont utilisées de manière égale

Veuillez saisir votre commentaire ici:

Votre enfant présente-t-il·elle un ou des trouble·s associé·s ?
- Oui
- Non

Quel·s trouble.s associé·s présente-t-il·elle ?
- Troubles vestibulaires
- Troubles moteurs de la parole (dyspraxie)
- Troubles des apprentissages (dysphasie, dyscalculie, dyslexie, dysorthographie)
- Troubles du comportement
- Syndrome (précisez lequel):
- Autre :

Avez-vous des remarques/ recommandations concernant l'étude et/ou le questionnaire?

Merci beaucoup pour votre collaboration !

Si vous avez des questions ou si vous voulez échanger sur certaines informations, vous pouvez nous contacter à l'adresse email suivante : projet-comm4child@univ-grenoble-alpes.fr

Annexe 4 – Exemples de stratégies et techniques de la pratique auditive et verbale (extrait du livre « Apprendre à écouter et à parler », Annexe 10, pages 335-340, de Elizabeth M Fitzpatrick, 2012).

La position par rapport à l'enfant
S'asseoir près de l'enfant, du côté de sa meilleure oreille ou de l'oreille implantée, de sorte à ne pas encourager la lecture labiale et permettre une meilleure audition.

L'indice de la main (handcue)
- Indique à l'enfant quand écouter de façon attentive.
- Utilisé pour encourager l'imitation.
- En plus de la main, un jouet, une illustration ou tout autre objet peut être utilisé.
- Attention de ne pas créer de distorsion en ayant la main trop près de la bouche.

Dire d'abord et montrer ensuite
Pour offrir à l'enfant l'occasion de se concentrer sur le message verbal avant de voir l'objet (jouet / illustration / livre, etc.), lui faire d'abord écouter le message verbal important, puis lui présenter l'objet.

Les mains sur la table
En situation d'écoute, s'assurer que l'enfant pose ses mains tranquillement devant lui (plutôt que de manipuler des objets) pour permettre une attention complète au stimulus auditif.

Créer un suspense
Cacher l'objet tout en disant le mot ou l'énoncé cible avant de le présenter à la vue de l'enfant.

Renforcements
Toujours avoir des renforcements qui plairont à l'enfant et qui serviront de motivateurs.

Profiter de l'occasion
Si un événement inattendu capte l'attention de l'enfant, en parler. Ne pas oublier qu'un plan de leçon ne doit jamais interférer avec de nouvelles opportunités d'apprentissage.

Enseigner avant d'évaluer
Viser le bon niveau de difficulté et enseigner avec de nombreuses répétitions avant de mettre l'enfant à l'épreuve. Un enfant découragé par un trop haut niveau de difficulté décrochera vite d'une activité. En revanche, une activité trop facile risque de l'ennuyer.

Attendre ! Attendre ! Attendre !
- Il faut plus de temps à un enfant malentendant qu'à un enfant entendant pour traiter l'information entendue et y réagir.
- Jusqu'à 45 secondes seraient nécessaires à un enfant pour qu'il réponde !
- Soyons conscients de notre « habitude » de parler, parler et parler pour remplir les silences et de l'importance de laisser assez de temps à l'enfant pour réagir à nos énoncés
- Un bon truc pour accorder assez de temps à l'enfant est de compter jusqu'à 10 avant de répéter ou de reformuler l'énoncé. À partager avec les parents !
- Attendre également lorsqu'on lit une histoire. Tourner la page et faire une pause afin de voir si l'enfant a quelque chose à dire. Permet de travailler le langage spontané (sur lequel on peut travailler) et non seulement l'imitation.

Le regard, « attitude expectative »
En posant une question à l'enfant, lui montrer que vous attendez une réponse de sa part. L'enfant doit se rendre compte par votre regard qu'il doit réagir à votre énoncé.

Donner un choix
Donner un choix à l'enfant permet de diminuer la difficulté de l'énoncé tout en exigeant une écoute.
Par exemple :

A : Qu'est-ce que tu as mangé pour déjeuner ?
É : (pas de réponse)
A : As-tu mangé des céréales ou du pain ?

La technique du sandwich auditif

- Audition / audition + vision / audition
- Il est parfois nécessaire de fournir des indices visuels à l'enfant pour assurer une meilleure compréhension ou permettre l'imitation d'un son ou d'un mot. Cependant, toujours donner l'indice auditif avant et, si l'enfant éprouve des difficultés à faire correctement le son ou le mot demandé, donner un indice visuel, le lui faire répéter, puis lui redonner l'indice auditif en le faisant répéter encore une fois.
- Attention de faire répéter trop souvent ! Parfois on ne fait que faire répéter l'erreur. Il vaut mieux ne pas faire répéter plus de trois fois. Ensuite, noter l'erreur si celle-ci persiste et voir comment on peut y remédier un peu plus tard.

Reformuler un énoncé

- D'abord, après avoir demandé une question à l'enfant, lui accorder assez de temps pour qu'il traite l'information et qu'il réagisse.
- S'il ne répond pas, lui demander ce qu'il a compris et répéter la question exactement de la même manière que la première fois.
- S'il y a encore incompréhension, reformuler la question en utilisant un vocabulaire différent ou une structure différente
- Ne pas oublier que la question « Qu'est-ce que tu as entendu ? » permet de responsabiliser l'enfant face à son écoute !

Contrôle de l'environnement

- Attention à votre position par rapport à l'enfant (bonne oreille, appareillage, etc.). On recommande aux spécialistes de l'audition et de la communication qui travaillent au préscolaire à faire en sorte que les parents soient assis du côté de la meilleure oreille de l'enfant ou de l'implant dans le cas d'enfants implantés. N'oubliez pas que les parents sont les premiers éducateurs de l'enfant et que, lors des sessions au préscolaire, les spécialistes sont des guides qui permettent aux parents de stimuler l'écoute et le langage chez leur enfant.
- Contrôler le mieux possible les bruits environnants (très important d'expliquer aux parents l'impact du bruit de fond sur la compréhension du message verbal).
- Plus tard, quand l'enfant a atteint les objectifs de compréhension auditive, ajouter la compréhension avec bruits de fond.

Soyez un modèle !

- La technique de modelage est très importante pour l'enseignement de la parole et du langage.
- Toujours profiter de la présence des autres personnes pour offrir un modèle à l'enfant.
- Toujours offrir un bon modèle linguistique

Pointer et consigne « Écoute »

Technique très importante, surtout chez les jeunes enfants ou les enfants qui viennent d'être implantés. Pointer vers votre oreille pour signifier à l'enfant qu'on vient d'entendre un bruit ou pour lui dire d'écouter pour un bruit (ou la voix) qui vient. Utiliser la même technique pour inciter l'enfant à être en position d'écoute avant de lui fournir un stimulus verbal.

Chuchoter

Afin de rendre un énoncé plus audible (tous les sons), il est parfois nécessaire de chuchoter. Une trop forte intensité de la voix peut masquer certains sons à l'intérieur de l'énoncé.

Langage parental (le mamanais)

- Très important afin de mettre l'accent sur certains aspects de la parole ou du langage — surtout pour les aspects suprasegmentaux de la parole.
- Le langage parental aide l'enfant à développer une qualité naturelle pour sa voix.

- Il est plus intéressant pour le jeune enfant d'entendre une voix « mélodique » qu'une voix monotone.

Le sabotage
- Technique où on dit délibérément quelque chose d'absurde et qui permet de vérifier si l'enfant est à l'écoute.
- Permet également à l'enfant de se responsabiliser face à ce qu'il entend et d'y réagir.

Changement de rôle
Donner la chance à l'enfant d'être l'enseignant permet d'écouter son langage expressif.

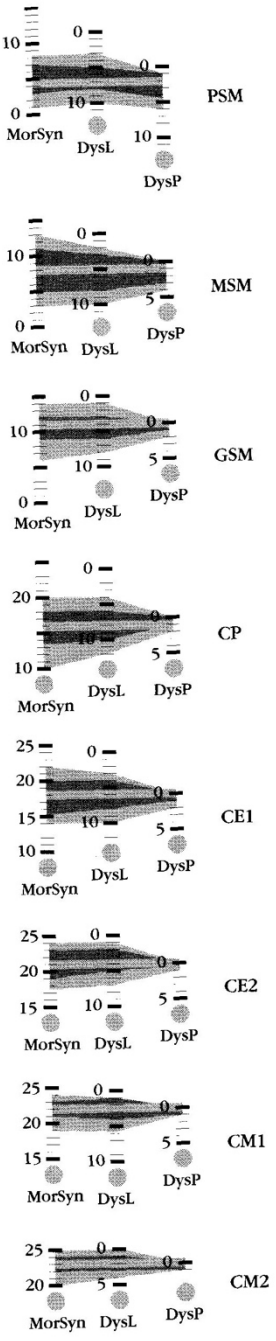
Répétition et redondance
- La répétition permet d'offrir à l'enfant la chance de mieux entendre les éléments qu'il avait manqués une première fois.
- La redondance permet de donner une information verbale déjà donnée sous une autre forme.

Variation des énoncés
Pour les petits ou les enfants nouvellement implantés, s'assurer d'avoir une variation acoustique dans les énoncés : P. ex., « Chut ! L'enfant fait dodo. » et « Oh ! Oh ! Tombé ! »

L'accent acoustique
Mettre de l'accent sur certains sons, certains mots ou certaines parties de la phrase permet une meilleure audition ou compréhension.

Le dernier mot
- Quand le mot clé est au milieu de la phrase, il peut parfois être difficile pour l'enfant de la capter. Il s'agit parfois de le placer à la fin de la phrase pour assurer une meilleure compréhension.
- Par exemple, « Prends le chat qui fait miaou et donne-le à Maman. ». « Montre-moi le chat qui fait miaou. »
- Cependant, il est important d'arriver à une compréhension du mot clé au milieu de la phrase.

Succès ! Succès !
Toujours s'assurer que l'enfant ait du succès ! Pour cela, commencer avec des demandes faciles pour l'enfant, procéder à des demandes plus difficiles, puis terminer avec des demandes faciles à nouveau. Il est extrêmement important que l'enfant développe une confiance en son potentiel. Il sera ainsi prêt à communiquer plus facilement.



5. Production d'Enoncés

Je vais te montrer des images et toi tu vas continuer la phrase que j'ai commencée.

01. Ici, il y a un seul oiseau,
là, il y a ... *deux oiseaux.*
02. Ici, le garçon court,
là, le garçon ... *ne court pas.*
03. Ici, c'est une maman,
là, c'est un ... *papa.*

		MorSyn	Réponse de l'enfant	DysL	DysP
PSM	1. Ici, le garçon est debout, là, le garçon ... *est assis.*				
	2. Ici, c'est le cartable de la fille, là, c'est le cartable ... *du garçon.*				
	3. Ici, Hélène donne à manger à la poupée, là, elle donne à manger ... *au chat.*				
	4. Ici, il y a un seul avion, là, il y a ... *deux avions.*				
	5. Ici, c'est un coiffeur, là, c'est une ... *coiffeuse.*				
	6. Ici, la voiture n'est pas cassée, là, la voiture ... *est cassée.*				
	7. Ici, c'est le chapeau de la dame, là, c'est le chapeau ... *du monsieur.*				
	8. Ici, c'est une vendeuse, là, c'est un ... *vendeur.*				
	9. Ici, Pierre dit bonjour à la dame, là, Pierre dit bonjour ... au monsieur.				
	10. Ici, c'est un chien, là, c'est une ... *chienne.*				
	11. Ici, c'est un boulanger, là, c'est une ... *boulangère.*				
	12. Ici, Florence joue à la maîtresse, là, François joue ... *au maître.*				
	13. Ici, le garçon dit que sa chemise est neuve, là, la fille dit que son pull est ... *neuf.*				
	14. Ici, la fille a cueilli des fleurs, là, les filles ... *ont cueilli des fleurs.*				
	15. Ici, la poule a pondu un œuf, là, la poule a pondu ... *des (trois) œufs.*				
GSM	16. Ici, le dragon n'a qu'un œil, là, le dragon a ... *deux yeux.*				
	17. Ici, le garçon regarde le journal, là, le garçon regarde les ... *journaux.*				
	18. Ici, le garçon dit que son chien est malin, là, la fille dit que sa chienne est ... *maligne.*				
	19. Ici, ce sont des filles qui ont un chapeau, là, ce sont des filles ... *qui n'ont pas de chapeau.*				
	20. Ici, je joue maintenant, là, plus tard, ... *je mangerai ; vais manger. (dîner).*				
	21. Ici, l'ours dort, là, les ours ... *dorment.*				
	22. Ici, maman coiffe Céline, là, la poupée ... *est coiffée ; se fait coiffer.*				
	23. Ici, le garçon va s'habiller, là, le garçon ... *(s') est habillé.*				
	24. Ici, la voiture pousse le camion, là, la voiture ... *est poussée par le camion ; se fait pousser.*				
	25. Ici, je m'habille, là, avant, ... *je dormais.*				
		Total			Total

Noter "+" (encadrés de la colonne MorSyn) quand la production est identique à ce qui est attendu (en italique) ; entourer le texte en italique. La transcrire si elle est différente. Deux types de productions différents sont à prendre en compte. Dans le premier cas, il s'agit de formes morphologiques ou syntaxiques "régressives", de type retard de langage : noter "+" dans la colonne DysL. Il peut s'agir aussi de la non prise en compte du co-texte produit par l'examinateur (description de l'image par exemple) : noter "+" dans la colonne DysP.

Production d'Enoncés	MorSyn	
	DysL	:
	DysP	:

Annexe 6 – Items de la tâche de détection d'altérations phonologiques de la batterie EULALIES (Meloni, 2022).

	Stimuli correct	Stimuli incorrect	Alteration du segment ou de la structure	Type d'altération	Nombre de substitutions	Position de l'altération	Nombre de syllabe
1	Gare [gaʁ]	[gaʃ]	Segment: consonne	Substitution: lieu (antériorisation) et assourdissement	2	Final	1
2	Tigre [tigʁ]	[ti]	Structure	Suppression d'un groupe consonantique		Final	1
3	Zèbre [zɛʁb]	[zɛʁb]	Structure	Métathèse		Final	1
4	Enveloppe [ɑ̃vlɔp]	[ɑ̃vlɔt]	Segment: consonne	Substitution: lieu (postériorisation)	1	Final	2
5	Locomotive [lokomotiv]	[jokomotiv]	Segment: consonne	Substitution: lieu (postériorisation), mode (glissement)	2	Initial	4
6	Fourchette [fuʁʃɛt]	[fyʁʃɛt]	Segment: voyelle	Substitution: lieu	1	Médial	2
7	Déguisement [degizmɑ̃]	[tegizmɑ̃]	Segment: consonne	Substitution: assourdissement	1	Initial	3
8	Farine [faʁin]	[baʁin]	Segment: consonne	Substitution: mode (fermeture), lieu (antériorisation) et sonorisation	3	Initial	2
9	Neige [nɛʒ]	[nɛʃ]	Segment: consonne	Substitution: assourdissement	1	Final	1
10	Docteur [dɔktœʁ]	[sɔktœʁ]	Segment: consonne	Substitution: mode (frication) et assourdissement	2	Initial	2
11	Griffe [gʁif]	[gʁiz]	Segment: consonne	Substitution: lieu (postériorisation) et sonorisation	2	Final	1
12	Camion [kamjɔ̃]	[kanjɔ̃]	Segment: consonne	Substitution: lieu (postériorisation)	1	Médial	2
13	Hippopotame [ipopotam]	[ipopopam]	Segment: consonne	Substitution: harmonisation du lieu (postériorisation)	1	Médial	4
14	Ciseaux [sizo]	[sezo]	Segment: voyelle	Substitution: ouverture	1	Médial	2
15	Aquarium [akwaʁjɔm]	[akwajɔm]	Structure	Suppression d'un phonème		Médial	3
16	Avion [avjɔ̃]	[apjɔ̃]	Segment: consonne	Substitution: mode (fermeture), lieu (antériorisation) et assourdissement	3	Médial	2
17	Main [mɛ̃]	[mɛ]	Segment: voyelle	Substitution: dénasalisation	1	Final	1
18	Couverture [kuvɛʁtyʁ]	[kuvɛʁtyk]	Segment: consonne	Substitution: lieu (antériorisation), mode (fermeture) et assourdissement	3	Final	3
19	Livre [livʁ]	[liʁv]	Structure	Métathèse		Final	1

20	Citron [sitʁɔ̃]	[sitʁɑ̃]	Segment: voyelle	Substitution: ouverture	1	Final	2
21	Cinéma [sinema]	[tinema]	Segment: consonne	Substitution: mode (fermeture)	1	Initial	3
22	Bonhomme [bonɔm]	[bojɔm]	Segment: consonne	Substitution: mode (glissement), lieu (postériorisation) et dénasalisation	3	Médial	2
23	Telephone [telefɔn]	[telefɔv]	Segment: consonne	Substitution: lieu (antériorisation), dénasalisation et mode (frication)	3	Final	3
24	Poisson [pwasɔ̃]	[pwaʃɔ̃]	Segment: consonne	Substitution: lieu (postériorisation)	1	Médial	2
25	Toboggan [tobogɑ̃]	[togobɑ̃]	Structure	Métathèse		Médial	3
26	Grenouille [gʁənuj]	[ʁənuj]	Structure	Suppression d'un phonème (simplification de groupe consonantique)		Initial	2
27	Biberon [bibʁɔ̃]	[blibʁɔ̃]	Structure	Ajout d'un phonème (ajout d'un groupe consonantique)		Initial	2
28	Pieuvre [pjœvʁ]	[pjœʁv]	Structure	Métathèse		Final	1
29	Chaussette [ʃosɛt]	[sosɛt]	Segment: consonne	Substitution: harmonisation du lieu (antériorisation)	1	Initial	2
30	Capuche [kapyʃ]	[kapys]	Segment: consonne	Substitution: lieu (antériorisation)	1	Final	2
31	Loup [lu]	[lɔ̃]	Segment: voyelle	Substitution: ouverture et nasalisation	2	Final	1
32	Chocolat [ʃokola]	[ʃokʁola]	Structure	Ajout d'un phonème (Ajout d'un groupe consonantique)		Médial	3
33	Voiture [vwatyʁ]	[tyʁ]	Structure	Suppression d'une syllabe		Initial	2
34	Tomate [tomat]	[pomat]	Segment: consonne	Substitution: lieu (antériorisation)	1	Initial	2
35	Menton [mɑ̃tɔ̃]	[mɔ̃tɔ̃]	Segment: consonne	Substitution: harmonisation de l'ouverture	1	Médial	2
36	Éléphant [elefɑ̃]	[lefɑ̃]	Structure	Suppression de syllabe		Initial	3
37	Crocodile [kʁokodil]	[kʁokʁodil]	Structure	Ajout d'un phonème (harmonisation d'un groupe consonantique)		Médial	3
38	Dentiste [dɑ̃tist]	[dɔ̃tist]	Segment: voyelle	Substitution: ouverture	1	Médial	2
39	Œuf [œf]	[ɔf]	Segment: voyelle	Substitution: lieu	1	Initial	1
40	Medicament [medikamɑ̃]	[dikamɑ̃]	Structure	Suppression d'une syllabe		Initial	4

41	Aspirateur [aspiʁatœʁ]	[ɔspiʁatœʁ]	Segment: voyelle	Substitution: ouverture et lieu	2	Initial	4
42	Uniforme [ynifɔʁm]	[ynifɔʁp]	Segment: consonne	Substitution: dénasalisation et assourdissement	2	Final	3
43	Hibou [ibu]	[ibo]	Segment: voyelle	Substitution: ouverture	1	Final	2
44	Bibliothèque [biblijotɛk]	[bliblijotɛk]	Structure	Ajout de phonème (harmonisation d'un groupe consonantique)		Initial	4
45	Escargot [ɛskaʁgo]	[ɛksaʁgo]	Structure	Métathèse		Médial	3

Annexe 7 – Items de la tâche de dénomination d'images de la batterie EULALIES (Meloni, 2022).

Stimuli	Amorçage sémantique	Ébauche orale
Essai		
Le chien	C'est un animal qui fait "ouaf-ouaf", c'est le…	C'est le ch…
Le piano	On appuie sur ses touches et ça fait de la musique, c'est le…	C'est le pi…
La goutte	C'est une petite quantité d'eau qui reste quand on ferme le robinet, c'est la…	C'est la g…
Test		
L'oreiller	On pose sa tête dessus quand on dort dans le lit, c'est…	C'est l'o…
La locomotive	C'est la machine qui tire les autres wagons du train, c'est la…	C'est la l…
L'hippopotame	C'est un gros animal qui vit en Afrique et qui marche dans l'eau, c'est…	C'est l'hi…
L'index	Il y a le pouce et après il y a…	Il y a l'in…
La griffe	C'est ce qui est pointu au bout des pattes de certains animaux, c'est les…	C'est les g…
La jambe	C'est la partie du corps qui permet aux humains de marcher, c'est la… (possibilité de pointer ses jambes)	C'est la j…
Le docteur	C'est la personne qui soigne quand on est malade, c'est le...	C'est le d…
L'hélicoptère	C'est un objet qui permet de voler avec 4 grandes pales, c'est…	C'est l'hé…
La machine à laver	On lave les habits avec, c'est la…	C'est la m…
Le supermarché	C'est un grand magasin où on achète des aliments, c'est le…	C'est le s…
L'huile	C'est du gras qui permet de cuisiner, c'est de…	C'est l'hu…
Le pyjama	C'est le vêtement qu'on porte pour dormir, c'est le…	C'est le py…
Le peigne	Ça sert à démêler les cheveux, c'est le…	C'est le p…
La farine	C'est la poudre blanche qui permet de faire les gâteaux et le pain, c'est la…	C'est la f…
L'œuf	C'est ce qu'on trouve dans le nid des oiseaux, c'est…	C'est l'oe…
Le poisson	C'est un animal qui vit dans l'eau et qui a des nageoires, c'est le…	C'est le p…
Le déguisement	C'est un costume qu'on porte pour carnaval ou pour halloween, c'est le…	C'est le d…
La fourchette	C'est un ustensile avec lequel on mange, c'est la…	C'est la f…
Le tigre	C'est un animal sauvage qui ressemble à un très gros chat et qui a des rayures, c'est le…	C'est le t…
Le hibou	C'est un oiseau qui vit la nuit et qui fait "hou-hou", c'est le…	C'est le hi…
L'escargot	C'est un mollusque qui a une coquille, c'est...	C'est l'è…
Le médicament	C'est la pilule qu'on prend lorsqu'on est malade, c'est le…	C'est le m…
L'uniforme	C'est l'ensemble des planètes et des étoiles qui sont dans l'espace, c'est…	C'est l'u…
Le citron	C'est un fruit jaune et acide, c'est le…	C'est le ci…
La neige	C'est des flocons qui tombent du ciel quand il fait froid, c'est la…	C'est la n…
La main	C'est la partie qui est au bout du bras et qui a 5 doigts, c'est la…	C'est la m…
La capuche	C'est la partie d'un manteau ou d'un gilet qui peut se mettre sur la tête, c'est la…	C'est la c…

Le parapluie	C'est un objet qui permet de se protéger de la pluie, c'est le…	C'est le p…
La chaussette	C'est un petit vêtement qui s'enfile sur le pied, c'est la…	C'est la ch…
L'avion	C'est un moyen de transport qui permet de voler, c'est…	C'est l'a…
Le biberon	C'est un objet avec une tétine qui permet de donner le lait au bébé, c'est le…	C'est le b…
La grenouille	C'est un animal qui saute et qui fait "quoi-quoi", c'est la…	C'est la g…
L'éléphant	C'est un gros animal qui vit en Afrique et qui a une trompe, c'est…	C'est l'é…
L'aspirateur	C'est un appareil qui sert à faire le ménage et à ramasser la poussière, c'est…	C'est l'a…
Le camion	C'est un gros véhicule, c'est le…	C'est le c…
Le bonhomme	C'est un dessin qui représente un humain, c'est le…	C'est le b…
Le yaourt	C'est un aliment avec du lait qu'on mange à la fin des repas, c'est le…	C'est le ya…
L'aquarium	C'est le réservoir où on peut garder les poissons, c'est…	C'est l'a…
La langue	C'est ce qu'il y a dans la bouche, c'est la…	C'est la l…
Le menton	C'est la partie du visage sous la bouche, c'est le…	C'est le m…
Le zèbre	C'est un animal qui vit en Afrique et qui ressemble à un cheval avec des rayures, c'est le…	C'est le z…
Le ventilateur	C'est un appareil qui sert à faire du vent quand on a chaud, c'est le…	C'est le v…
L'extraterrestre	C'est un habitant d'une autre planète, c'est…	C'est l'è…
La tomate	C'est un aliment rouge et rond qu'on mange en salade, c'est la…	C'est la t…
L'euro	C'est le nom des pièces qu'on utilise pour payer, c'est…	C'est l'eu…
La couverture	C'est un tissu qui sert à tenir chaud dans le lit, sur les draps, c'est la…	C'est la c…
Le rhinocéros	C'est un gros animal qui a une corne au bout du nez, c'est le…	C'est le r…
Le dentiste	C'est la personne qui soigne les dents et les carries, c'est le…	C'est le d…
La pieuvre	C'est un animal qui vit dans l'eau et qui a des tentacules avec des ventouses, c'est la…	C'est la p…
L'ours	C'est un animal qui vit dans les forêts et qui dort tout l'hiver, c'est…	C'est l'ou…
La gare	C'est le lieu où on prend le train, c'est la…	C'est la g…
Le livre	C'est un objet avec des pages et qui raconte une histoire, c'est le…	C'est le l…
L'ordinateur	C'est l'objet qui permet d'aller sur internet, écrire des textes et jouer à des jeux, c'est…	C'est l'o…
Le crocodile	C'est un animal vert qui a une grande bouche avec des dents et qui vit dans les rivières, c'est le…	C'est le c…
Les ciseaux	C'est l'objet qui permet de découper du papier, c'est les…	C'est les c…
La bibliothèque	C'est le lieu où l'on trouve beaucoup de livre qu'on peut emprunter, c'est la…	C'est la b…
Le téléphone	C'est un objet qui permet d'appeler d'autres personnes, c'est le…	C'est le t…
La robe	C'est un habit souvent porté par les filles, c'est la…	C'est la r…
L'enveloppe	C'est une pochette de papier pour mettre une lettre dedans, c'est…	C'est l'en…
Le stade	C'est le lieu où on peut voir des matchs de sport, c'est le…	C'est le s…
Le toboggan	C'est un jeu où les enfants peuvent glisser, c'est le…	C'est le t…
Le cinéma	C'est la salle où on peut voir des films sur un grand écran, c'est le…	C'est le c…

L'ongle	C'est ce qu'on a au bout des doigts, c'est…	C'est l'on…
Le chocolat	C'est un aliment sucré qui vient du cacao et qu'on trouve souvent en tablette, c'est le…	C'est le ch…
La voiture	C'est un véhicule qui roule sur des routes, c'est la…	C'est la v…
La fraise	C'est un fruit rouge, c'est la...	C'est la f…
Le loup	C'est un animal qui vit en meute dans la forêt et qui fait "ahou", c'est le…	C'est le l…
Le vétérinaire	C'est la personne qui soigne les animaux, c'est le…	C'est le v…

* Certains enfants (n = 44) ont reçu une version antérieure pour la dénomination d'images incluant les items : « ouvre-boite », « électricien », « couscous », « instituteur » et « ondulation ».

Annexe 8 – Description des items de la tâche de répétition de pseudo-mots de la batterie EULALIES (Meloni, 2022).

Description des pseudo-mots

Pseudo-mots	Structure syllabique	Nombre de syllabes
ʒɔ̃ʧjø	CV.CGV	2
guʃɑ̃	CV.CV	2
tʁɛsmoel	CCVC.CVC	2
vʁalɔɲ	CCV.CVC	2
ʃosyʁɛ̃	CV.CV.CV	3
dyɲeʁe	CV.CV.CV	3
zebɥifɑ̃	CV.CGV.CV	3
kanaʁglɔz	CV.CVC.CCVC	3
foeʁpidʁak	CVC.CV.CCVC	3
muʃisʁɔ̃	CV.CVC.CV	3
vwatyʁotɑ̃	CGV.CV.CV.CV	4
pukosɛ̃ta	CV.CV.CV.CV	4
laʒynigɔ̃	CV.CV.CV.CV	4
adbalɔ̃ziʁ	CVC.CV.CV.CVC	4
øbʁolistiʁ	V.CCV.CVC.CVC	4
spelyzbavɛz	CCV.CVC.CV.CVC	4

Distribution par segment dans différentes positions

	1ère syllabe	**2ème syllabe**	**3ème syllabe**	**4ème syllabe**	**Total**
p	**p**ukosɛ̃ta s**p**elyzbavɛz	fœʁ**p**idʁak			3
t	**t**ʁɛsmœl	ʒɔ̃**ʧ**jø vwa**t**yʁotɑ̃		vwatyʁo**t**ɑ̃ øbʁolis**t**iʁ pukosɛ̃**t**a	5
k	**k**anaʁglɔz	pu**k**osɛ̃ta	fœʁpidʁa**k**		3
b		ze**b**ɥifɑ̃ ad**b**alɔ̃ziʁ ø**b**ʁolistiʁ	spelyz**b**avɛz		4
d	**d**yɲeʁe a**d**balɔ̃ziʁ		fœʁpi**d**ʁak		3
g	**g**uʃɑ̃		kanaʁ**g**lɔz	laʒyni**g**ɔ̃	3
f	**f**œʁpidʁak		zebɥi**f**ɑ̃		2
s	tʁɛ**s**mœl **s**pelyzbavɛz	ʃo**s**yʁɛ̃ muʃi**s**ʁɔ̃	pukos**s**ɛ̃ta	øbʁoli**s**tiʁ	5
ʃ	**ʃ**osyʁɛ̃	gu**ʃ**ɑ̃ muʃisʁɔ̃			3

v	**v**ʁalɔɲ **v**watyʁotɑ̃			spelyzba**v**ɛz	3
z	**z**ebɥifɑ̃	spely**z**bavɛz	kanaʁglɔ**z**	adbalɔ̃**z**iʁ spelyzbavɛ**z**	5
ʒ	**ʒ**ɔ̃tjø	la**ʒ**ynigɔ̃			2
ʁ	tʁɛsmœl v**ʁ**alɔɲ fœ**ʁ**pidʁak	kana**ʁ**glɔz øb**ʁ**olistiʁ	ʃosy**ʁ**ɛ̃ dyɲe**ʁ**e fœʁpid**ʁ**ak muʃis**ʁ**ɔ̃ vwaty**ʁ**otɑ̃	adbalɔ̃zi**ʁ** øbʁolisti**ʁ**	13
m	**m**uʃisʁɔ̃	tʁɛs**m**œl			2
n		ka**n**aʁglɔz	la**ʒ**y**n**igɔ̃		3
l	**l**aʒynigɔ̃	tʁɛsmœ**l** vʁa**l**ɔɲ spe**l**yzbavɛz	kanaʁg**l**ɔz adba**l**ɔ̃ziʁ øbʁo**l**istiʁ		7
ɲ		vʁalɔ**ɲ** dy**ɲ**eʁe			2
a	vʁ**a**lɔɲ k**a**naʁglɔz vw**a**tyʁotɑ̃ l**a**ʒynigɔ̃ **a**dbalɔ̃ziʁ	kan**a**ʁglɔz adb**a**lɔ̃ziʁ	fœʁpidʁ**a**k spelyzb**a**vɛz	pukosɛ̃t**a**	9
e	sp**e**lyzbavɛz z**e**bɥifɑ̃	dyɲ**e**ʁe	dyɲeʁ**e**		3
ɛ	tʁ**ɛ**smœl			spelyzbav**ɛ**z	2
ø	**ø**bʁolistiʁ	ʒɔ̃tj**ø**			2
œ	f**œ**ʁpidʁak	tʁɛsm**œ**l			2
o	ʃ**o**syʁɛ̃	puk**o**sɛ̃ta øbʁ**o**listiʁ	vwatyʁ**o**tɑ̃		4
ɔ		vʁal**ɔ**ɲ	kanaʁgl**ɔ**z		2
i		zebɥ**i**fɑ̃ fœʁp**i**dʁak muʃ**i**sʁɔ̃	laʒyn**i**gɔ̃	pukonɛ̃ʁ**i** adbalɔ̃z**i**ʁ øbʁolist**i**ʁ	8
u	g**u**ʃɑ̃ m**u**ʃisʁɔ̃ p**u**kosɛ̃ta				3
y	d**y**ɲeʁe	ʃos**y**ʁɛ̃ vwat**y**ʁotɑ̃ laʒ**y**nigɔ̃ spel**y**zbavɛz			5
ɑ̃		gu**ʃɑ̃**	zebɥif**ɑ̃**	vwatyʁot**ɑ̃**	3
ɔ̃	ʒ**ɔ̃**tjø		muʃisʁ**ɔ̃** adbalɔ̃ziʁ	laʒynig**ɔ̃**	4
ɛ̃			ʃosyʁ**ɛ̃** pukos**ɛ̃**ta		2
j		ʒɔ̃t**j**ø			1
w	v**w**atyʁotɑ̃				1
ɥ		zɛb**ɥ**ifɑ̃			1

Annexe 9 – Épreuve d'empan de chiffres à l'endroit (ODEDYS, Jacquier-Roux et al., 2005).

Énoncer dans l'ordre les suites de chiffres de la fiche, en séparant bien chaque chiffre d'une seconde. L'enfant répète les chiffres dans le même ordre. On arrête lorsque l'enfant a deux échecs pour une suite de même nombre de chiffres (ex : échoue 2 fois pour une suite de 5 chiffres).

Mettre une croix quand la suite est donnée juste. L'empan endroit est le nombre de chiffres de la plus longue suite donnée juste.

	Empan endroit
2-9	
1-5-3	
7-2-4	
2-6-7-1	
3-9-4-6	
4-7-2-9-5	
8-3-6-2-4	
6-3-2-1-4-8	
5-7-9-3-6-4	
3-5-1-8-7-9-2	
2-8-9-4-6-1-7-3	

Annexe 10 – Items de la tâche de conscience phonologique de la batterie THaPho (Ecalle, 2007) – tâche d'extraction syllabique et phonémique).

T3a – Extraction syllabique

Cochon	Bouchon
Café	Canon
Maison	Bison
Bidon	Bijou
Balai	Bateau
Carreau	Bureau

T3b – Extraction phonémique

Langue	Bague
Botte	Bulle
Manche	Mur
Ver	Vase
Chaine	Canne
Luge	Cage

Annexe 11 – Notice d'information, consentement éclairé et questionnaire de langage à remplir par les parents (concerne les études 2,3,4 et 5).

NOTICE D'INFORMATION ET FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ÉCLAIRÉ

Titre du projet :

Production et perception de la parole chez les enfants âgés de 3 à 11 ans

Chercheuses titulaires responsables scientifiques du projet :

Mme Vilain Anne, Université Grenoble Alpes, GIPSA-lab, UMR CNRS 5216
Mme Lœvenbruck Hélène, Université Grenoble Alpes, CNRS, LPNC, UMR CNRS 5105

But du projet de recherche :

Cette étude a pour objectif de proposer une description détaillée de la production et de la perception de la parole des enfants francophones âgés de 3 à 11 ans. Il s'agit d'enregistrer votre enfant en situation de répétition/production/perception de mots et de sons du langage. L'objectif n'est pas d'évaluer le niveau de langage de votre enfant mais de collecter des données sur les étapes de l'acquisition du langage par les enfants francophones.

Ce que l'on attend de votre enfant (méthodologie)

Tout d'abord, si votre enfant n'a pas passé récemment de test auditif prescrit par un professionnel de santé, un court test d'acuité auditive lui sera proposé : on lui fera écouter des sons calibrés avec un casque audio et il·elle devra nous dire lorsqu'il·elle entend les sons (en levant la main par exemple). Ce test durera environ 5 minutes.

Votre enfant passera également deux courts tests de langage : pour le premier, on lui demandera de montrer les images correspondant aux mots prononcés par l'expérimentatrice ; pour le second, il·elle devra produire des phrases décrivant les images présentées. Ce test de langage durera environ 5 minutes. Ensuite, différentes tâches d'écoute de mots et de sons du langage, de répétition et de production de mots ou de sons du langage vont être proposées à votre enfant. Ces tâches ont pour objectif de décrire la façon dont les enfants articulent et perçoivent les mots et les sons du français. Dans un premier temps, des images d'objets de la vie quotidienne seront présentées à votre enfant sur un écran d'ordinateur ou sur une tablette et celui-ci devra dire ce qu'il·elle voit. Par exemple, si l'image représente un chat, l'enfant doit dire le mot « chat ». Puis, des séquences seront proposées en répétition. Votre enfant devra répéter des syllabes simples de type « pa », « ta » et des mots qui n'existent pas comme « minpa » ou « joté ». Il sera également proposé à votre enfant de répéter le plus vite possible des séquences de sons. Enfin, l'enfant portera un casque audio dont le volume sonore sera réglé à un niveau confortable (inférieur à 80 dB, seuil de confort homologué) pour écouter des mots et juger si les mots sont dits correctement ou non (par exemple « pankalon). Votre enfant sera assis·e sur une chaise, devant une table sur laquelle seront posés un ordinateur (ou une tablette) et un microphone. Sa voix sera enregistrée (uniquement sa voix, pas d'images).

Les enregistrements durent entre 45 mn et 1h et peuvent se faire en 2 séances d'environ 30 mn ou en une seule séance.

Vos droits à la confidentialité

Toutes les informations recueillies à partir de l'étude resteront confidentielles. Les résultats des mesures peuvent être publiés à des fins scientifiques, mais l'identité des participants ne sera pas révélée, elle sera masquée par un identifiant anonyme et aucun autre renseignement ne sera dévoilé qui puisse révéler l'identité du participant. Les enregistrements audio et les résultats de la tâche d'écoute ne contiendront pas le nom du participant ni d'autres informations personnelles. La correspondance entre l'identité du participant et cet identifiant sera gardée dans un endroit sécurisé et seules les responsables scientifiques de l'étude (Anne Vilain et Hélène Lœvenbruck) y auront accès.

Vos droits de vous retirer de la recherche en tout temps

La participation à cette étude est entièrement volontaire. Si vous décidez de ne pas laisser votre enfant y participer, il n'y aura pas de conséquences négatives. Sachez que même si vous décidez dans un premier temps de laisser votre enfant participer à l'étude, vous pouvez retirer votre consentement et cesser la participation de votre enfant à tout moment. Par ailleurs votre enfant pourra à tout moment demander à cesser sa participation. Vous pourrez aussi demander à supprimer toutes les données déjà enregistrées.

Bénéfices

L'expérience ne présente pas pour vous/votre enfant de bénéfice personnel. Cette étude permettra d'améliorer notre compréhension de la production et de la perception de la parole chez les enfants présentant ou non des troubles du développement des sons de parole. Bien que l'objectif immédiat soit théorique, l'objectif à plus long terme est d'obtenir des résultats permettant de mieux comprendre les mécanismes de production de la parole et ainsi d'améliorer les méthodes de remédiation déjà existantes chez les enfants présentant des troubles du langage oral.

Risques possibles

Ces expériences ne présentent aucun risque ou danger connu. Néanmoins, si votre enfant manifeste un inconfort ou s'il ne souhaite pas continuer l'expérimentation, il pourra s'arrêter à tout moment.

Diffusion

Les résultats de cette recherche pourront être publiés dans des revues scientifiques ou lors de congrès scientifiques.

Vos droits de poser des questions en tout temps

Vous pouvez poser des questions au sujet de la recherche à tout moment en communiquant avec les responsables du projet par courrier électronique à :

Anne.Vilain@univ-grenoble-alpes.fr ou **Helene.Loevenbruck@univ-grenoble-alpes.fr**

Consentement à la participation

En signant le formulaire de consentement, vous certifiez que vous avez lu et compris les renseignements ci-dessus, qu'on a répondu à vos questions de façon satisfaisante et qu'on vous a avisé que vous étiez libre d'annuler votre consentement ou de vous retirer de cette recherche en tout temps, sans préjudice.
D'autre part, avant l'enregistrement, des explications seront fournies à votre enfant et son consentement oral lui sera demandé. Il ou elle pourra arrêter les exercices à tout moment s'il ou elle n'a plus envie de participer.

Nom, Prénom de l'enfant : .....

Nom, Prénom du parent : .....

J'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et j'accepte que mon enfant participe à cette recherche :

☐ **oui** ☐ **non**

J'accepte que l'INJS transmette des informations sur le suivi audiologique et le développement langagier de mon enfant aux membres du projet EULALIES :

☐ **oui** ☐ **non**

Date : ..... **Signature :**

DROIT À LA DIFFUSION D'ENREGISTREMENTS AUDIO

Je donne mon autorisation pour la diffusion de courts extraits sonores de mon enfant lors de communications scientifiques et universitaires (conférences, séminaires, ...), à condition que les dispositions suivantes d'anonymisation soient prises :

- utilisation de pseudonymes pour les participants
- masquage sonore des informations qui pourraient conduire à l'identification des participants, celle de leurs proches ou d'autres personnes (utilisation du prénom de l'enfant par exemple).

NB : Le projet portant sur la production de parole, ses auteurs ne peuvent pas s'engager à rendre anonymes par brouillage de la voix les enregistrements audio, mais s'engagent à ne pas diffuser d'extraits compromettant des personnes enregistrées.

Je donne mon autorisation pour la diffusion d'enregistrements de mon enfant dans le cadre universitaire :

☐ **oui** ☐ **non**

Date : ..... **Signature :**

Cet exemplaire est à retourner aux chercheuses

QUESTIONNAIRE PROJET EULALIES

(À remplir par le parent/représentant légal)

1. INFORMATIONS PERSONNELLES

Date : .....

Nom et Prénom de l'enfant : .....

Date de naissance : .....

École : ..... **– Classe :** .....

Profession du parent :

.....

2. SURDITÉ

Degré de surdité : ☐ léger ☐ moyen ☐ sévère ☐ profond

Âge de dépistage : .....

Présence de surdité dans la famille ? (parents sourds, frères et soeurs sourds) :

.....

Seuil auditif (sans aide) : gauche : ..... droit : .....

3. AIDES TECHNIQUES

Appareillage :

	OREILLE GAUCHE		OREILLE DROITE	
	☐ prothèse	☐ implant	☐ prothèse	☐ implant
Date de pose :	.....		.....	
Seuil auditif :	.....		.....	

Fréquence d'utilisation : .....

QUESTIONNAIRE PROJET EULALIES

(À remplir par le parent/représentant légal)

4. MOYENS DE COMMUNICATION

Quel moyen de communication utilisez-vous avec votre enfant ?

☐ Oral ☐ Oral + AVT ☐ Oral + LPC ☐ Oral + signes ☐ Langue des signes

Est-ce que votre enfant suit un programme AVT en ce moment ? ☐ oui ☐ non

Est-ce que votre enfant a suivi un programme AVT dans le passé ? ☐ oui ☐ non

Si oui, quel était son âge lorsque les séances ont été arrêtées ? .....

À quel âge votre enfant a-t-il commencé à suivre un programme AVT ?

.....

Est-ce que votre enfant utilise le CODE LPC ? ☐ oui ☐ non

Depuis quel âge ? .....

Où est-ce que votre enfant utilise le CODE LPC ?

☐ à la maison ☐ à l'école ☐ chez ses grands-parents

☐ autres lieux : .....

Combien de fois par jour ou par semaine ? .....

Est-ce que votre enfant utilise la LANGUE DES SIGNES FRANÇAISE (LSF) ?

☐ oui ☐ non

Depuis quel âge ? .....

Comment évaluez-vous son niveau en LSF ?

☐ faible ☐ moyen ☐ bon ☐ très bon

Où est-ce que votre enfant utilise la LSF ?

☐ à la maison ☐ à l'école ☐ chez ses grands-parents

☐ autres lieux : .....

Combien de fois par jour ou par semaine ? .....

QUESTIONNAIRE PROJET EULALIES

(À remplir par le parent/représentant légal)

Depuis quand est-ce que votre enfant est en contact avec le français ?

☐ depuis sa naissance

☐ depuis l'entrée à la garderie (ou crèche ou assistante maternelle)

☐ depuis l'entrée à l'école maternelle (3 ans)

☐ depuis l'entrée à l'école élémentaire (6 ans)

☐ autre : .....

Est-ce que d'autres langues sont utilisées à la maison ? ☐ oui ☐ non

Lesquelles ? .....

Qui les utilise ? .....

Dans quelles situations ? .....

.....

Est-ce que votre enfant parle ou comprend d'autres langues ? ☐ oui ☐ non

Lesquelles ? .....

Si votre enfant parle plusieurs langues, où est-ce qu'il les utilise ?

.....

Combien de fois par jour ou par semaine ?

.....

Y a-t-il d'autres informations que vous souhaiteriez nous communiquer concernant le langage de votre enfant ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

QUESTIONNAIRE PROJET EULALIES

(À remplir par le parent/représentant légal)

5. INFORMATIONS MÉDICALES

Est-ce que votre enfant est suivi en orthophonie (difficultés langagières) ?

☐ oui (actuellement ou par le passé) ☐ non

Si oui, précisez quel type de prise en charge :

.....

.....

Est-ce que votre enfant est suivi en audiologie (difficultés auditives) ?

☐ oui (actuellement ou par le passé) ☐ non

Si oui, précisez quel type de prise en charge :

.....

.....

Est-ce que votre enfant est suivi en ophtalmologie (difficultés visuelles) ?

☐ oui (actuellement ou par le passé) ☐ non

Si oui, précisez quel type de prise en charge :

.....

.....

Si vous acceptez d'être re-contacté, merci de nous laisser vos coordonnées :

.....

.....

.....

Annexe 12 – Items de la tâche de décodage de la LfPC de la batterie TERMO (Descourtieux et al., 1999).

Pour les enfants avant 8 ans

Répétition de mots

Audio-visuel + LfPC		**Visuel + LfPC**	
papillon		poire	
fumée		feu	
bébé		bateau	
lit		couteau	
noix		marché	
orange		champignon	
moto		oiseau	
vache		malade	
garçon		savon	
canard		ananas	
	/10		/10

Répétition de phrases simples

Audio-visuel + LfPC	
Le garçon saute dans la piscine	
Les enfants regardent la télévision	
Arrête, tu vas tomber !	
Le magasin est fermé	
Les élèves vont au musée	
A la montagne, je fais du ski	
La moto de papa est neuve	
Il mange des frites avec ses doigts	
La fille n'a pas mis ses chaussures	
Tu as oublié ton cahier	
	/10

Visuel + LfPC	
Les enfants jouent dans le jardin	
Les poules pondent des oeufs	
Non, c'est trop difficile !	
La télévision est cassée	
Le garçon va à l'école	
Dimanche nous irons au zoo	
La maison de Sophie est grande	
Il décore le sapin avec des boules	
La petite fille n'aime pas chanter	
Il a regardé la télévision	
	/10

Pour les enfants à partir de 8 ans

Répétition de mots

Audio-visuel + LfPC		Visuel + LfPC	
repas		volcan	
milieu		refrain	
sapin		tailleur	
sourcil		tissu	
museau		signal	
talon		soldat	
cadeau		départ	
réveil		boucher	
bouquet		berger	
grenier		moineau	
	/10		/10

Répétition de phrases

Audio-visuel + LfPC	
Bébé boit du lait chaud	
La vaisselle est sur l'évier	
Arrête, tu vas tomber !	
Le boucher n'a plus de viande	
Le docteur a donné un médicament	
Le crémier vend du fromage	
Philippe fait du vélo dans le jardin de sa grand-mère	
Monsieur DUBOIS se promène au soleil avec un grand chapeau	
Après avoir joué avec sa poupée, Amélie a regardé la télévision	
Il est fortement recommandé de ne pas consommer exagérément des produits alcoolisés	
	/10

Visuel + LfPC	
Tu as de belles chaussures	
La statue s'élève sur la place	
Non, c'est trop difficile !	
Le courrier est arrivé en retard	
La lampe est suspendue au plafond	
Le serpent se cache sous les pierres	
Aujourd'hui, à l'école, j'ai appris à écrire	
Alice, Pierre et Jean vont en forêt pour ramasser des champignons	
Le chef d'orchestre fait un signe et une joyeuse musique envahit le chapiteau	
Tous les animaux sauvages aperçus dans le documentaire sont bien connus des touristes africains	
	/10

Annexe 13 – Résumé des performances des 172 enfants inclus dans les études 2,3,4 et 5 pour les tâches de détection d'altérations phonologiques, de dénomination d'images, de répétition de pseudo-mots, de mémoire de travail verbale et visuo-spatiale, et de production d'énoncés (morphosyntaxe).

	Speaker	Age (mois)	Groupe	Score detection alteration phono (dprime)	Score dénomination (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score répétition pseudo-mots (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score mémoire de travail verbale (empan verbal)	Score mémoire de travail visuo-spatiale (empan visuo-spatial)	Score morphosyntaxe (ELO)
1	LV_001	66	AVT	2,9	0,05	0,69	6	4	19
2	LV_003	81	AVT	2,69	0,12	0,81	4	4	16
3	LV_004	107	AVT	2,59	0,12	0,69	4	3	22
4	LV_005	85	AVT	3,28			4	3	20
5	LV_006	69	AVT	3,03	0,33	1,19	5	4	9
6	LV_007	114	AVT	3,28	0,02	0,94	6	5	25
7	LV_009	67	AVT	3,49	0,4	0,69	4	4	12
8	LV_012	76	AVT	2,69	0,43	1,44	4	4	11
9	LV_013	70	AVT		1,12	3,5	3	3	5
10	LV_015	85	AVT	2,51	0,58	2	3	3	13
11	LM_056	135	LfPC-	3,45	0,25	0,88			21
12	LM_061	100	LfPC-	0,74	1,47	3,38	4	5	6
13	LM_065	114	LfPC-	2,25	0,05	0,75	5	5	24
14	LM_066	139	LfPC-	2,61	0,05	0,94	6	6	23
15	LM_067	74	LfPC-	0,09	2,38	4,31	4	4	10
16	LM_068	79	LfPC-		1,51	4,31	2	6	
17	LV_008	74	LfPC-	2,79	0,2	0,62	4	5	21
18	LV_010	65	LfPC-	2,27	0,98	2,44	6	5	7
19	LV_011	103	LfPC-	3,28	0,22	0,56	6	5	21
20	LV_016	72	LfPC-	2,22	0,53	2,06	4	3	11
21	LV_017	94	LfPC-	2,32	0,55	1,88	4	3	12
22	LV_018	111	LfPC-	2,79	0,33	2,07			17

	Speaker	Age (mois)	Groupe	Score detection alteration phono (dprime)	Score dénomination (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score répétition pseudo-mots (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score mémoire de travail verbale (empan verbal)	Score mémoire de travail visuo-spatiale (empan visuo-spatial)	Score morphosyntaxe (ELO)
23	LV_019	64	LfPC-	1,13	0,98	2,47	4	3	9
24	LV_020	99	LfPC-	2,43	0,73	3,31	3	4	12
25	LV_021	120	LfPC-	2,79	0,05	1,25	5	7	20
26	LV_023	77	LfPC-	2,86	0,07	0,88	4	5	
27	LV_025	86	LfPC-	1,64	0,47	3,75	3	4	14
28	LV_026	92	LfPC-	3,36	0,45	1,5	4	6	
29	LV_036	84	LfPC-	1,73	0,72	2,2	4	5	7
30	LV_051	109	LfPC-		0,05	1,25	5	8	23
31	LV_052	118	LfPC-		0,08	0,69	6	5	
32	LM_005	128	LfPC+		0,15				20
33	LM_009	125	LfPC+		0,03				22
34	LM_010	107	LfPC+		0,53				17
35	LM_012	139	LfPC+		0,12				24
36	LM_018	118	LfPC+		0,08				22
37	LM_019	60	LfPC+		0,64				9
38	LM_064	110	LfPC+	3,04	0,07	0,88	5	6	23
39	LM_069	77	LfPC+	3,39	0,1	1,56	3	4	14
40	LV_002	132	LfPC+	3,03	0,3	1,44	5	8	21
41	LV_022	91	LfPC+	3,21	0,25	0,81	4	3	18
42	LV_024	111	LfPC+	2,51	0,47	2,06	4	5	16
43	LV_029	86	LfPC+	2,42	0,27	1,69	4	6	14
44	LV_048	62	LfPC+		0,28	2,06	4	4	8
45	LV_050	66	LfPC+		0,17	1,12	5	4	18
46	AC_001	75	NE				5	4	20
47	AC_002	83	NE				4	4	18
48	AC_004	83	NE				5	5	19

	Speaker	Age (mois)	Groupe	Score detection alteration phono (dprime)	Score dénomination (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score répétition pseudo-mots (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score mémoire de travail verbale (empan verbal)	Score mémoire de travail visuo-spatiale (empan visuo-spatial)	Score morphosyntaxe (ELO)
49	AC_005	86	NE				5	6	23
50	AC_008	146	NE				7	4	24
51	AC_009	113	NE				4	5	24
52	AC_011	84	NE				6	4	19
53	AC_012	88	NE				5	4	24
54	AC_014	100	NE		0,12	0,25	5	5	22
55	AC_015	96	NE		0,05	0,33	4	4	21
56	AC_016	131	NE		0,3	0,69			22
57	AC_017	129	NE		0,02	0,56	6	5	25
58	CP_001	97	NE	4,14	0,02	0,19			23
59	CP_005	105	NE	4,59	0,15	0,06			21
60	CP_013	122	NE	4,59					23
61	CP_014	117	NE	3,9	0,12	0,75			23
62	CP_017	129	NE	3,9	0,02	0,25			23
63	CP_019	131	NE	3,9	0,12	0,69			22
64	CP_034	92	NE	3,28	0,12	0,36			16
65	CP_036	92	NE	4,14	0,07	0,43			20
66	CP_042	95	NE	3,04	0,35	0,81			18
67	CP_044	108	NE	3,9	0,22	0,5			19
68	CP_046	104	NE	3,6		1,44			17
69	CP_051	81	NE	4,14	0,03	0,25			18
70	CP_053	79	NE	3,03	0,18	0,25			17
71	CP_055	84	NE	3,23	0,37	1,62			16
72	CP_056	89	NE	4,59	0,02	0,07			20
73	CP_057	87	NE	3,6	0,13	1,12			17
74	CP_058	79	NE	3,28	0,35	1			18

	Speaker	Age (mois)	Groupe	Score detection alteration phono (dprime)	Score dénomination (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score répétition pseudo-mots (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score mémoire de travail verbale (empan verbal)	Score mémoire de travail visuo-spatiale (empan visuo-spatial)	Score morphosyntaxe (ELO)
75	CP_061	80	NE	3,45	0,2	0,81			17
76	CP_063	89	NE	3,28	0,05	0,44			23
77	CP_066	69	NE	2,9	0,27	0,88	4	3	16
78	CP_068	67	NE	2,28	0,35	1,25	3	2	6
79	CP_070	68	NE	3,14	0,08	0,44	4	2	13
80	CP_071	71	NE	3,04	0,2	0,69			9
81	CP_076	61	NE	3,39	0,25	0,88	5	4	10
82	HB_002	86	NE				6	4	21
83	HB_003	132	NE				6	4	24
84	HB_004	123	NE				5	6	24
85	HB_005	96	NE				5	5	22
86	HB_009	134	NE				6	6	24
87	HB_010	134	NE				6	6	25
88	HB_011	96	NE				5	5	24
89	HB_012	95	NE				6	4	21
90	HB_013	91	NE				4	5	20
91	HB_014	126	NE				6	4	25
92	HB_016	127	NE				5	5	24
93	HB_017	96	NE				5	5	19
94	HB_018	111	NE		0,22	0,19	6	7	25
95	JS_002	106	NE	2,34					23
96	JS_005	81	NE	3,39	0,17	0,62			19
97	JS_008	78	NE	3,28	0,05	0,19			24
98	JS_015	83	NE	3,14	0,1	0,56			20
99	LM_026	108	NE	3,9	0,05	0,31			20
100	LM_029	119	NE	3,73	0,08	0,25			18

	Speaker	Age (mois)	Groupe	Score detection alteration phono (dprime)	Score dénomination (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score répétition pseudo-mots (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score mémoire de travail verbale (empan verbal)	Score mémoire de travail visuo-spatiale (empan visuo-spatial)	Score morphosyntaxe (ELO)
101	LM_030	127	NE	3,45	0,08	0,06			21
102	LM_031	118	NE	3,45	0,02	0,44			22
103	LM_032	76	NE	2,84	0,02	0,25			17
104	LM_033	101	NE	3,73	0,07	0,25			
105	LM_034	69	NE	2,79	0,16	0,38			9
106	LM_035	68	NE	3,39	0,18	0,44			12
107	LM_037	75	NE	3,31	0,34	1,06			10
108	LM_041	71	NE		0,23	1,94			10
109	LM_043	69	NE	3,49	0,21	1			9
110	LM_044	66	NE	3,03	0,11	0,56			9
111	LM_046	71	NE	2,61	0,18	0,56			8
112	LM_048	67	NE	3,14	0,23	1,38			13
113	LM_049	69	NE	3,73	0,15	0,75			12
114	LM_059	133	NE		0,13				21
115	LV_038	126	NE		0,02	0,31	4	5	25
116	LV_039	103	NE				5	7	25
117	LV_040	138	NE				6	6	24
118	LV_041	124	NE		0,05	0,25	5	6	22
119	LV_042	135	NE		0,03	0,25	5	7	23
120	LV_043	108	NE		0,1	0,12	5	6	23
121	LV_044	142	NE				7	6	23
122	LV_045	118	NE		0,03	0,31	7	5	20
123	LV_046	116	NE		0,05	0,31	7	8	23
124	LZ_003	63	NE	4,14	0,03	0,38	6	2	13
125	LZ_004	62	NE	3,14	0,22	0,44	4	5	10
126	LZ_005	61	NE	2,26	0,18	0,62			13

	Speaker	Age (mois)	Groupe	Score detection alteration phono (dprime)	Score dénomination (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score répétition pseudo-mots (nombre d'erreurs par mot - phonèmes)	Score mémoire de travail verbale (empan verbal)	Score mémoire de travail visuo-spatiale (empan visuo-spatial)	Score morphosyntaxe (ELO)
127	LZ_010	66	NE	3,73	0,12	0,12	4	6	15
128	OC_001	77	NE	3,73	0,23	0,38			18
129	SA_001	82	NE	3,49		0,25	4	4	21
130	SA_002	78	NE	3,14		0,31	4	3	16
131	SA_003	75	NE	3,31		1,69	4	4	20
132	SA_004	79	NE	3,45		0,44	4	4	20
133	SA_006	71	NE	2,06		1,31	4	3	13
134	SA_007	84	NE	3,73		0,44	4	3	22
135	SA_008	77	NE	2,62		0,19			20
136	SA_009	79	NE	3,21		0,69			18
137	SA_010	75	NE	3,49		0,44	4	3	17
138	SA_011	77	NE	3,6		0,19	4	3	19
139	SA_012	84	NE	2,9		0,75	4	5	16
140	SA_013	82	NE	2,73		0,19			19
141	SA_014	77	NE	2,73			3	4	10
142	SA_015	76	NE	3,03		0,56	4	4	13
143	SA_016	77	NE	3,14		0,38	4	3	19
144	SA_017	75	NE	3,19			4	4	8
145	SA_018	79	NE	3,14		0,31	5	4	22
146	SA_019	80	NE	3,6		0,19	5	3	19
147	SA_020	78	NE	3,49		0,31	4	3	20
148	SH_008	82	NE	3,39	0,17	0,81			14
149	SH_009	88	NE	3,9	0,1	0,19			18
150	VB_001	88	NE	4,14	0,17	0,25			
151	VB_003	101	NE	3,73	0,05	0,38			
152	VB_005	87	NE	3,21	0,41	0,69			

153	VB_006	84	NE	3,49	0,07	0,25			
154	VB_007	102	NE	3,6	0,15	0,06			
155	VB_008	72	NE	2,93	0,46	0,25			
156	VB_009	74	NE	3,39	0,65	0,62			
157	VB_010	70	NE	4,14	0,02	0,19			
158	VB_011	73	NE	3,39	0,23	0,25			
159	VB_012	80	NE	3,6	0,11	0,38			
160	VB_013	100	NE	3,9	0,07	0,44			
161	VB_014	97	NE	4,59	0,05	0			
162	VB_015	105	NE	3,73	0,03	0,12			
163	VB_016	90	NE	3,73	0,13	0,06			
164	VB_017	97	NE	3,9	0,03	0,19			
165	VB_018	75	NE	3,73	0,31	0,38			
166	VB_019	81	NE	3,9	0,21	0,67			
167	VB_020	80	NE	3,6	0,48	0,31			
168	VB_021	74	NE		0,28	0,62			
169	VB_022	78	NE	3,39	0,48	0,75			
170	VB_023	94	NE	2,93	0,33	0,25			
171	VB_024	90	NE	3,6	0	0			
172	VB_026	73	NE	3,04		0,5			

Annexe 14 – Article publié dans les actes des Journées d'Études sur la Parole en juin 2022.

Van Bogaert, L., Machart, L. Lœvenbruck, H., & Vilain, A. & EULALIES Consortium (2022). Perception de parole chez l'enfant porteur d'implant(s) cochléaire(s) : Étude sur l'Auditory Verbal Therapy et la Langue française Parlée Complétée. XXXIVe Journées d'Études sur la Parole -- JEP 2022, Jun 2022, Noirmoutiers, France. pp.250-259, doi:10.21437/JEP.2022-27.

Perception de parole chez l'enfant porteur d'implant(s) cochléaire(s) : Étude sur l'Auditory Verbal Therapy et la Langue française Parlée Complétée

Lucie Van Bogaert[1,2] Laura Machart[1,2] Anne Vilain[2] Hélène Lœvenbruck[1] & Consortium EULALIES*
(1) Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, 38000 Grenoble, France
(2) Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, CNRS, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France
Lucie.van-bogaert@univ-grenoble-alpes.fr

*Les membres du consortium EULALIES incluent, dans l'ordre alphabétique : Sandrine Anselme (Université Grenoble Alpes), Estelle Gillet-Perret (CRTLA, Centre Hospitalier Universitaire Grenoble Alpes), Andrea A. N. MacLeod (University of Alberta, Edmonton, Canada), Geneviève Meloni (Université Grenoble Alpes et Université de Montréal, Montréal, Canada), Clarisse Puissant (Université Grenoble Alpes), et Yvan Rose (Memorial University, Newfoundland, Canada).

RESUME

La perte auditive chez l'enfant peut entrainer un retard sur le développement du langage oral. L'Auditory Verbal Therapy (AVT) est une méthode uni-sensorielle qui se base principalement sur le canal auditif pour permettre aux enfants sourds implantés de développer de bonnes capacités auditives. La Langue française Parlée Complétée (LfPC) est un outil multimodal qui permet de désambiguïser la lecture labiale par l'ajout d'un geste manuel. Cette étude s'intéresse à l'apport de ces deux outils sur la perception de parole chez l'enfant porteur d'implants cochléaires, à partir d'une tâche de jugement de lexicalité. Les résultats suggèrent des performances similaires chez les enfants avec un bon niveau de LfPC, les enfants inscrits dans un programme AVT, et les enfants normo-entendants, mais des performances plus faibles chez les enfants avec un faible niveau de LfPC. Ainsi, une prise en charge précoce et adaptée à l'enfant est nécessaire pour le développement phonologique.

ABSTRACT

Speech perception in children with cochlear implants: Study about Auditory Verbal Therapy and Cued Speech

Hearing loss in children can lead to a delay in oral language development. Auditory Verbal Therapy (AVT) is a uni-sensory method that relies mainly on the auditory channel to enable deaf children with implants to develop good hearing skills. The French Cued Speech (CF) is a multimodal tool that disambiguate lip reading by adding a manual gesture. This study investigates the contribution of these two tools on speech perception in children with cochlear implants, using a lexicality judgment task. The results suggest similar performance in children with a good level of CF, children enrolled in an AVT program, and children with normal hearing, but weaker performance in children with a low level of CF. Thus, early and child-specific care is crucial for optimal phonological development.

MOTS-CLÉS: perception de parole, enfants, déficience auditive, implants cochléaires, Auditory Verbal Therapy (AVT), Langue française Parlée Complétée (LfPC)

KEYWORDS: speech perception, children, hearing impairment, cochlear implants, Auditory Verbal Therapy (AVT), French Cued Speech

1 Introduction

La déficience auditive peut impacter le développement du langage oral et de la parole (Leybaert & Borel, 2020). Par conséquent, un diagnostic avant l'âge de 3 mois et une prise en charge avant 6 mois sont recommandés, quel que soit le degré de surdité (Yoshinaga-Itano et al., 1998). Ainsi, dès l'annonce du diagnostic de surdité, un projet linguistique doit être mis en place. Il peut être orienté soit vers le développement de la communication orale et vocale, soit vers l'apprentissage de la langue des signes, ou encore une combinaison des deux. Afin d'aider les enfants sourds à développer leurs compétences linguistiques en français oral, de nombreuses approches et outils sont aujourd'hui utilisés dans la pratique clinique. Avant 3 ans, deux types de programmes d'intervention précoce audiophonatoire en français sont classiquement utilisés chez l'enfant sourd en France: le Français Signé et la Langue française Parlée Complétée (LfPC ; Cornett, 1967) (HAS, 2009). Une autre méthode commence à s'implanter en France, principalement par le biais des parents d'enfants sourds et des réseaux sociaux : l'Auditory Verbal Therapy (AVT ; Pollack, 1970). Cependant, les données scientifiques sur l'apport de certaines approches sont trop peu nombreuses. Il est essentiel, pour les enfants sourds et pour les professionnels de la surdité, d'identifier les outils d'aide à la communication les plus efficaces pour promouvoir le développement du langage parlé. Si le choix de la mise en place d'un outil d'aide à la communication doit tenir compte de différents paramètres (capacités auditives de l'enfant, éventuels handicaps associés, âge au moment du diagnostic et de la mise en place des aides auditives, besoins et préférences de l'enfant, langues parlées à la maison et expertise du clinicien), la pratique orthophonique et éducative doit être fondée sur des données probantes sur l'efficacité de ces outils (Bergeron et al., 2020).

1.1 Perception de parole chez l'enfant sourd

Dans un contexte de surdité profonde, la perception de la parole se fait avec une information auditive limitée, principalement à partir de l'information visuelle. La lecture labiale, qui permet de traiter le signal de parole par le canal visuel, en interprétant les mouvements visibles des lèvres, ne permet qu'une perception de parole limitée (Charlier & Leybaert, 2000). Elle présente de nombreuses ambiguïtés et ne résout pas les situations où l'image labiale est similaire (par exemple : /m/, /b/ et /p/ partagent le même lieu d'articulation).
L'implant cochléaire (IC) est un dispositif électro-acoustique qui capte le signal acoustique grâce à un microphone et transforme ce signal en impulsion électrique grâce à un processeur. Il permet une meilleure perception auditive. Toutefois, l'information auditive transmise par l'implant cochléaire reste limitée et dégradée et ne permet pas une perception auditive identique à celle de normo-entendants (Colin et al., 2017; Leybaert & LaSasso, 2010). En effet, les recherches ont montré que les performances des enfants porteurs d'implants cochléaires restent en dessous de celles des enfants normo-entendants (Colin et al., 2017) et leurs représentations phonologiques demeurent peu détaillées (Colin et al., 2017; Leybaert et al., 2010).

1.2 Auditory Verbal Therapy

L'Auditory Verbal Therapy (AVT ; en français, approche auditive et verbale ou thérapie basée sur l'écoute) est une méthode créée en 1970 par Doreen Pollack . Elle est couramment utilisée au Canada, en Australie et aux États-Unis. L'association qui fait référence dans le domaine de l'AVT est l'Alexander Graham Bell Academy . Elle définit l'Auditory Verbal Therapy comme une méthode qui soutient l'acquisition du langage oral du nourrisson et du jeune enfant sourd ou malentendant à travers ses capacités d'écoute. La thérapie basée sur l'écoute est une méthode uni-sensorielle qui stimule le développement des aires auditives, à travers des jeux et activités auditives de la vie quotidienne (Cole

& Flexer, 2020). Selon les auteurs, un appareil auditif approprié et/ou un implant cochléaire, une stimulation linguistique abondante et une intervention précoce sont les conditions principales pour le développement de la parole et du langage chez l'enfant sourd (Cole & Flexer, 2020). Cette méthode se distingue également d'une rééducation classique en orthophonie par le fait que la formation et l'encadrement des parents prend une place très importante dans cette approche. Ainsi, le thérapeute AVT incite les parents à utiliser des stratégies et des techniques auditives et verbales dans les activités de la vie quotidienne pour qu'ils prennent une part active dans la rééducation de leur enfant. De nombreuses études montrent une relation positive entre l'implication parentale et la manière dont les parents interagissent avec leur enfant d'une part, et le développement du langage chez les enfants sourds d'autre part (Moeller, 2000).

Les preuves scientifiques concernant l'apport d'un programme AVT sur le développement du langage et de la parole sont peu nombreuses et contradictoires. Par exemple, dans l'étude rétrospective de Yanbay et al. (2014), les auteurs ont comparé les performances langagières de 42 enfants porteurs d'implants cochléaires soit inscrits dans un programme AVT, soit utilisant une communication orale, soit intégrés dans une approche bilingue, Langue des Signes + Langue orale. Les résultats ne montrent aucune différence significative entre les trois groupes pour l'épreuve en lexique réception et de compréhension auditive (Yanbay et al., 2014). A l'inverse, Percy-Smith et al. (2017) ont comparé le niveau de langage de 94 enfants porteurs d'implants cochléaires ayant reçu une rééducation « standard » danoise à celui de 36 enfants porteurs d'implants cochléaires inscrits dans un programme AVT. La rééducation « standard » consistait en la mise en place de séances d'orthophonie 1 à 2 fois par semaine et les objectifs variaient d'un enfant à un autre. Les participants ayant bénéficié d'une thérapie AVT ont obtenu des scores significativement plus élevés dans les trois épreuves de parole et de langage testées (vocabulaire en réception et production et compréhension morphosyntaxique) (Percy-Smith et al., 2018).

1.3 Langue française Parlée Complétée (LfPC)

Le Cued Speech a été inventé par Cornett en 1967, et adapté en français en 1980 sous le nom de Langue française Parlée Complétée (LfPC). Il s'agit d'un outil visuo-manuel d'aide à la lecture labiale à destination des personnes sourdes, qui représente la structure phonologique de la langue orale (Cornett, 1967). Le locuteur accompagne son articulation de configurations manuelles placées en différents emplacements autour des lèvres. L'association d'un geste manuel à la lecture labiale permet de rendre visibles tous les phonèmes de la langue, et de fournir une distinction pour les phonèmes qui possèdent une image labiale identique (ex : /b/ et /m/). Le code LfPC se compose de 5 positions de la main autour du visage pour coder les sons vocaliques et de 8 configurations de la main pour coder les sons consonantiques du français. L'utilisation de la LfPC permet à la personne sourde de visualiser tous les sons du français sans ambiguïtés : la perception auditive est enrichie à l'aide de la perception visuelle.

Ce système manuel a été étudié pendant de nombreuses années et les recherches ont montré que la perception de syllabes, de mots et de phrases est améliorée avec l'utilisation du Cued Speech (Ling & Clarke, 1975 ; Aparicio, 2012). Par ailleurs, une exposition à la LfPC a des effets positifs sur la qualité des représentations phonologiques. La conscience phonologique, indispensable à l'acquisition du langage écrit, est plus spécifique et plus précise (Charlier & Leybaert, 2000). Enfin, un entrainement intensif et précoce à la LfPC a aussi des effets positifs sur le développement de la morphosyntaxe (Leybaert & LaSasso, 2010), du lexique (Hage, 1994), de la mémoire à court terme (Charlier, 2020) et sur l'acquisition du langage écrit (Charlier & Leybaert, 2000). En outre, les recherches actuelles montrent qu'une éducation à la LfPC permet à long terme d'améliorer la perception auditive de parole, c'est-à-dire même lorsque la parole est perçue en audio seul (Kos et al., 2009), et même la production de parole (Machart et al., 2020).

1.4 Étude préliminaire : enquête en ligne sur l'utilisation de l'AVT et de la LfPC en France

Une étude préliminaire a été réalisée dans le but de faire un état des lieux des pratiques orthophoniques et éducatives françaises avec les enfants sourds (Van Bogaert et al., 2021). Les résultats de deux enquêtes en ligne (une à destination des professionnels de la surdité et une autre à destination des parents d'enfants sourds) ont montré que l'AVT est utilisée à 10% par les professionnels et 14% par les parents en France. Concernant la LfPC, ce code est utilisé à 58% par les professionnels et 29% par les parents. De plus, nous avons également interrogé les parents sur leur satisfaction vis-à-vis de l'utilisation de cette méthode ou de ce code à la maison. Les témoignages montrent que le pourcentage de satisfaction des parents ayant investi l'AVT à la maison est de 98%. En ce qui concerne les parents utilisant la LfPC à la maison, ils déclarent être satisfaits à 60% par ce code. Ceci montre que malgré une faible utilisation de la méthode AVT, les parents utilisant cette méthode en sont très satisfaits, par comparaison aux parents ayant investi la LfPC à la maison. Une explication pourrait être que les parents utilisant l'AVT à la maison ont choisi librement cette méthode, alors que les parents qui utilisent la LfPC à la maison ont suivi les recommandations nationales pour le développement linguistique de l'enfant sourd. Il est donc crucial d'apporter des données probantes sur l'apport de l'AVT et de la LfPC dans le développement de la communication orale chez l'enfant francophone. Pour répondre à cet objectif, nous avons réalisé une étude sur les performances en perception de parole chez des enfants sourds porteurs d'implants cochléaires et ayant reçu un accompagnement en AVT, ou ayant un bon niveau de décodage en LfPC, ou un faible niveau de décodage en LfPC, dont les résultats sont comparés à ceux d'enfants normo-entendants récoltés dans le cadre du projet EULALIES (Meloni et al. 2017).

2 Méthode

Les données utilisées dans cette étude sont obtenues en partie à l'aide de tâches proposées dans le protocole du projet EULALIES : il s'agit des tâches de jugement de lexicalité, dénomination d'image, répétition de pseudo-mots, empan visuel, empan de chiffres, test de morphosyntaxe. Nous avons ajouté à ces tâches un test de niveau de décodage de la LfPC, et un test de conscience phonologique. Le présent article détaille les résultats de la tâche de jugement de lexicalité.

2.1 Protocole

L'enfant est assis devant une table sur laquelle se trouvent un ordinateur et un enregistreur audio. L'enfant porte un micro-tête (Shure). L'expérimentateur est installé à sa droite, face à l'écran d'ordinateur. La passation commence par une épreuve d'empan visuel (PathSpan, Lefevre et al., 2010) puis une tâche d'empan de chiffres endroit (ODEDYS, Pouget, 2002). Ensuite, l'enfant réalise trois tâches de production et de perception de parole de la batterie EULALIES (dénomination d'images, jugement de lexicalité et répétition de pseudo-mots). Enfin, une tâche de conscience phonologique de la batterie ThaPho (Ecalle, 2011) est réalisée. A la fin des quatre tâches, le niveau morphosyntaxique est évalué à partir d'une épreuve tirée du test ELO (Khomsi, 2008). Pour les enfants normo-entendants, une audiométrie tonale est réalisée pour éliminer un éventuel trouble de l'audition (perception à 20dB sur les fréquences 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz et 8000Hz). Pour les enfants exposés à la LfPC, le niveau de décodage de la LfPC est évalué à partir du test TERMO (Busquet & Descourthieux, 2003), qui consiste à présenter aux enfants des mots et phrases en visuel seul (geste labial + geste manuel LfPC), et à leur demander de reproduire les mots perçus. L'aspect phonologique de leur production n'est pas évalué, seule la justesse lexicale l'est. Deux niveaux de LfPC sont déterminés : faible décodage (quelques syllabes sont décodées) et bon décodage (décodage de mots isolés et de phrases simples). Un questionnaire de langage est rempli par les parents afin de récolter des informations sur le développement langagier de chaque enfant (multilinguisme, âge d'implantation, catégorie socio-professionnelle des parents, mode(s) de communication, etc.).

2.2 Participants

Cette étude regroupe 94 enfants âgés de 5 à 11 ans : 74 enfants monolingues normo-entendants (NE), 9 enfants sourds porteurs d'implants cochléaires et ayant participé à un programme AVT de 2 ans minimum (AVT), 3 enfants sourds porteurs d'implants cochléaires avec un bon niveau de décodage de la LfPC (LfPC+) et 8 enfants sourds porteurs d'implants cochléaires avec un faible niveau de décodage de la LfPC (LfPC-). Les enfants sourds ont été divisés en 2 sous-groupes : le groupe «précoce » signifie que l'enfant a reçu sa première implantation cochléaire avant l'âge de 24 mois et le groupe « tardif » regroupe les enfants ayant reçu leur première implantation cochléaire après l'âge de 24 mois. La table 1 regroupe les caractéristiques des enfants.

	NE (N = 74)	AVT (N = 9)		LfPC+ (N = 3)	LfPC- (N = 8)	
Age chrono (mois): moyenne (ET), *médiane*	83.8 (19.2) *79*	83.3 (18.9) *81*		106.3 (27.7) *110*	100.5 (28) *101.5*	
Age implantation		Précoce : N=7	Tardif : N=2	Précoce : N=3	Précoce : N=4	Tardif : N=4

TABLE 1 : Caractéristiques des enfants

L'âge auditif des enfants (différence entre l'âge chronologique et l'âge d'implantation) varie de 16 mois à 131 mois. Les participants ont été recrutés dans les écoles de l'agglomération grenobloise (enfants normo-entendants), grâce à l'association de parents ADEFAV (enfants sourds AVT) et lors des stages d'été de l'ALPC (enfants sourds LfPC).

2.3 Tâche

Afin d'analyser les capacités de perception de la parole chez les enfants sourds, nous utilisons la tâche de jugement de lexicalité de la batterie EULALIES (Meloni et al. 2017). La tâche de jugement de lexicalité, présentée en modalité audio-visuelle pour les enfants sourds, permet d'évaluer l'accès à des représentations phonologiques précises. Elle est constituée de 90 items (45 mots et 45 mots altérés phonologiquement) qui sont d'abord illustrés par une image, par exemple celle d'un pantalon. Une vidéo est ensuite présentée avec une locutrice ou un locuteur prononçant le stimulus de façon correcte (ex : « pantalon ») ou incorrecte (ex : « pankalon »). L'enfant doit juger si la personne qu'il voit à l'écran dit correctement le mot ou non. La nature et la position de l'altération phonologique, ainsi que la longueur et la fréquence des mots sont contrôlées (ex : altération de lieu d'articulation, mode d'articulation, voisement, position initiale, médiale, finale, etc.).

2.4 Traitement de données

Nous avons choisi d'analyser ici les résultats de la tâche de jugement de lexicalité car elle évalue le système phonologique en perception. Deux variables ont été prises en compte : la variable acceptations correctes (codée 1 lorsque l'enfant a bien identifié que la forme phonologique du mot est correcte, et 0 lorsqu'il indique que le mot est incorrect), qui mesure la bonne connaissance d'un mot et la variable de rejets corrects (réponses pour lesquelles l'enfant a bien identifié que la forme phonologique du mot est erronée). Les analyses statistiques ont été effectuées à partir de scripts développés avec le logiciel R (R Development Core Team, 2012). Dans un premier temps, nous avons réalisé deux modèles de régressions logistiques binomiales à effets mixtes (fonction glmer, package lme4, family = binomial), le premier pour les acceptations correctes et le second pour les rejets corrects. Une sélection de variables par comparaisons de modèles a été appliquée pour identifier le modèle le mieux ajusté pour chacun des deux scores (fonction anova). Les variables indépendantes considérées sont le Groupe des enfants (NE, AVT, LfPC+ ou LfPC-), l'Age_chronologique du

participant en mois, et leur interaction, comme facteurs à effet fixe. Les variables Items et Numéro du participant sont considérées dans les modèles comme effets aléatoires. Nous avons ensuite réalisé des comparaisons multiples avec la fonction glht du package multcomp. Dans un second temps, nous avons réalisé deux autres modèles binomiaux en considérant la variable Age_implantation (précoce, tardif) dans notre modèle. Dans ces analyses, les enfants NE ont été retirés puisque non concernés par cette variable, ainsi que les enfants LfPC+, étant donné qu'aucun de ces enfants n'a été implanté après 24 mois. L'ensemble de ces analyses a également été fait en prenant en compte l'Age_auditif à la place de l'Age_chronologique, de façon à prendre en compte la durée de 'exposition auditive à la langue.

3 Résultats

La figure 1 représente les scores individuels d'acceptations correctes et de rejets corrects pour l'épreuve de jugement de lexicalité des enfants sourds et normo-entendants, en fonction de l'âge chronologique en mois de chaque enfant et de l'âge d'implantation (précoce, tardif ou NE).

La table 2 (tous les enfants de notre échantillon) et la table 3 (uniquement les enfants LfPC- et AVT) résument les différentes analyses statistiques et les modèles mixtes binomiaux retenus après la sélection de modèle.

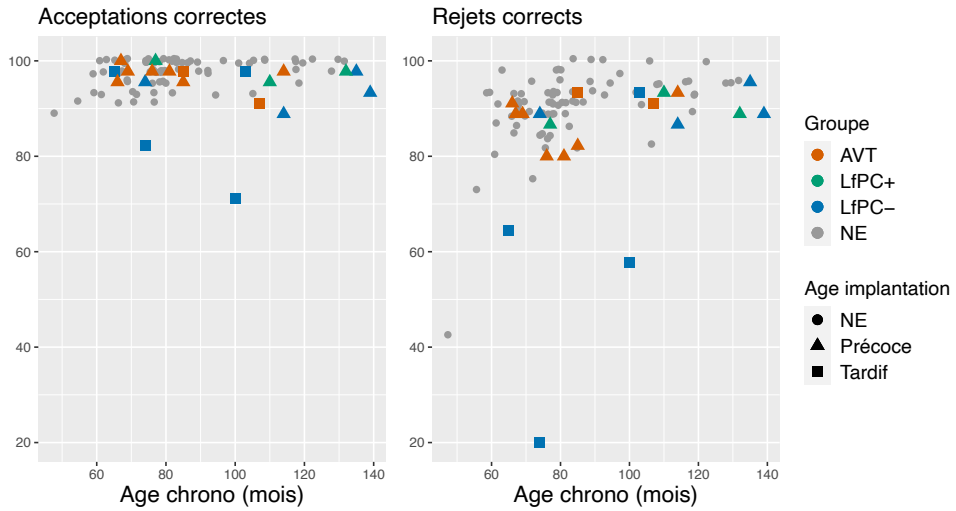


FIGURE 1 : scores d'acceptations correctes et de rejets corrects pour l'épreuve de jugement de lexicalité des enfants avec implants (AVT, LfPC+ et LfPC-) et des enfants NE, en fonction de l'âge chronologique.

	Age chronologique		Age auditif	
	Variables retenues	**Résultats**	**Variables retenues**	**Résultats**
Acceptations correctes	Groupe+ Age_chrono	AVT > LfPC- * NE > LfPC- **	Groupe + Age_auditif	NE > LfPC- ** AVT = LfPC- (p=.09)
Rejets corrects	Groupe+ Age_chrono	AVT > LfPC- * NE > LfPC- *	Groupe+ Age_auditif	AVT > LfPC- * NE > LfPC- **

TABLE 2 : Modèles mixtes binomiaux retenus après la sélection de modèle, et différences significatives obtenues, tous les enfants compris (** p<.001 ; * p<.05)

	Age chronologique		Age auditif	
	Variables retenues	**Résultats**	**Variables retenues**	**Résultats**
Acceptations correctes	Groupe	AVT > LfPC-*	Groupe + Age_auditif * Age_implant	AVT > LfPC- ** Préc > Tard **
Rejets corrects	Groupe* Age_implant	AVT_préc > AVT_tard *, LfPC-_préc > LfPC-_tard* AVT_tard > LfPC_tard*	Groupe* Age_implant	AVT_préc > AVT_tard * LfPC-_préc > LfPC-_tard * AVT_tard > LfPC_tard*

TABLE 3 : Modèles mixtes binomiaux retenus après la sélection de modèle, et différences significatives obtenues, uniquement les enfants LfPC- et AVT (** p<.001 ; * p<.05. Préc = implantation précoce ; tard = implantation tardive).

4 Discussion

Cette étude examine l'apport de l'AVT et de la LfPC sur la perception des phonèmes du français chez des enfants porteurs d'implants cochléaires dans une tâche écologique de jugement de lexicalité.
Les résultats montrent tout d'abord que les enfants de notre étude inscrits dans un programme AVT et les enfants ayant un bon niveau de décodage de la LfPC ont des scores de jugement de lexicalité (scores d'acceptations et de rejets corrects) similaires à ceux de leurs pairs entendants. D'autre part, nous mettons en évidence des scores de réussite plus bas chez les enfants ayant un faible niveau de décodage de la LfPC (LfPC-) que chez les enfants inscrits dans un programme AVT, et chez les enfants normo-entendants. Ces résultats sont identiques, que l'on prenne en compte l'âge chronologique des enfants ou leur âge auditif.
Dans un deuxième temps, l'analyse plus spécifique des résultats des enfants des groupes AVT et LPC- prenant en compte leur âge à l'implantation montre un effet important de cette variable, que l'on retrouve dans la littérature scientifique (par ex. Colin et al. 2017) : les enfants ayant reçu une implantation avant 24 mois présentent des résultats meilleurs que ceux ayant reçu une implantation plus tardive. Cet effet est présent pour les deux groupes d'enfants (AVT et LfPC-). L'effet de l'âge à l'implantation interagit avec l'effet du mode de rééducation. Pour ce qui concerne les rejets corrects, les enfants du groupe AVT avec implantation tardive ont un score plus élevé que les enfants du groupe LfPC- avec implantation tardive, ce qui n'est pas le cas pour leurs pairs avec implantation précoce. Pour les acceptations correctes, les enfants AVT ont des scores plus élevés que les enfants LfPC-, quels que soient leurs âges d'implantation.
Ces résultats préliminaires semblent indiquer une bonne efficacité des méthodes de rééducation unimodale (AVT) ou multimodale (LfPC), puisque les résultats des enfants de ces deux groupes sont comparables à ceux des enfants normo-entendants. En revanche, les enfants ayant un faible niveau de décodage de la LfPC présentent des compétences en perception de parole plus faibles. Cela suggère que les enfants ne tirant pas ou peu profit de la LfPC n'auraient pas des représentations phonologiques aussi stables et précises que ceux inscrits dans un programme AVT ou LfPC. Cependant, ces résultats sont à nuancer étant donné le petit échantillon de notre étude. Le recrutement d'une plus large cohorte d'enfants est actuellement en cours.
Cette étude exploratoire nous permet d'évaluer les représentations phonologiques lexicales en perception de parole chez les enfants porteurs d'implants cochléaires et de montrer les bénéfices de deux méthodes aux fondements théoriques diamétralement opposés, l'AVT et la LfPC. Il sera pertinent pour la suite de mener une comparaison plus fine des résultats des deux méthodes. Nous prévoyons par exemple d'évaluer plus précisément les types d'altérations phonologiques qui poseraient des problèmes spécifiques aux différents groupes d'enfants (ex : altération de lieu d'articulation, mode d'articulation, voisement, etc.). A terme, nous espérons fournir des pistes

d'intervention orthophonique ciblées et fondées sur des données probantes pour la prise en soin d'un enfant porteur d'implants cochléaires.

5 Remerciements

Nous remercions les participants et leurs familles pour leur coopération, ainsi que les personnes ayant participé à la récolte et au traitement des données. Cette étude est menée dans le cadre du consortium européen Comm4CHILD : Communication for Children with Hearing Impairment to optimise Language Development (Marie Sklodowska- Curie grant agreement n°860755).

6 Références

BERGERON, F., BERLAND, A., DEMERS, D., & GOBEIL, S. (2020). Contemporary speech and oral language care for deaf and hard-of-hearing children using hearing devices. Journal of Clinical Medicine, 9(2), 378; https://doi.org/10.3390/jcm9020378

CHARLIER, B. (2020). Communication et qualité de vie. In Leybaert, J. & BOREL, S. (eds), Surdité de l'enfant et de l'adulte, De Boeck Supérieur, p. 99-120.

CHARLIER, B., & LEYBAERT, J. (2000). The rhyming skills of deaf children educated with phonetically augmented speechreading. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 53:2, p. 349-375. DOI : 10.1080/713755898.

COLE, E. B., & FLEXER, C. (2020). Children with hearing loss: Developing Listening and Talking. San Diego, CA: Plural Publishing.

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, p. 61-69, https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.09.014.

CORNETT, R. O. (1967). Cued Speech. American Annals of the Deaf, 112, p. 3 13.

HAUTE AUTORITE DE SANTE (2009). Surdité de l'enfant : Accompagnement des familles et suivi de l'enfant de 0 à 6 ans, hors accompagnement scolaire. Saint-Denis La Plaine, France.

JONES, E., STROM, R., & DANIELS, S. (1989). Evaluating the success of deaf parents. American Annals of the Deaf, 134(5), 312-316. https://doi.org/10.1353/aad.2012.0511.

KOS, M.-I., DERIAZ , M., GUYOT , J.-P., & PELIZZONE, M. (2009). What can be expected from a late cochlear implantation? International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 73(2), p. 189–193. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2008.10.009

LEDERBERG, A. R., & EVERHART, V. S. (2000). Conversations between deaf children and their hearing mothers: Pragmatic and dialogic characteristics. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 5:4, p. 303 322.

LEYBAERT, J., & LASASSO, C. J. (2010). Cued Speech for enhancing speech perception and first language development of children with cochlear implants. Trends in Amplification, 14:2, p. 96 112.

LEYBAERT, J. & BOREL, S., Surdités de l'enfant et de l'adulte (2020) : Bilans et interventions orthophoniques, Bruxelles : DeBoek Supérieur.

LING, D. & CLARKE, B. (1975). Cued Speech: an evaluative Study. American Annals of the Deaf, 120:5, p. 480-488.

MACHART, L., VILAIN, A., LOEVENBRUCK, H., MELONI, G. & PUISSANT, C. (2020). Production de parole chez l'enfant porteur d'implants cochléaires : apport de la Langue française Parlée Complétée. Actes des 33èmes Journées d'Études sur la Parole, Nancy, France, p.388-396.

MELONI, G., LOEVENBRUCK, H., VILAIN, A. & MACLEOD, A. (2017). EULALIES, The France-Québec Speech Sound Disorders project, Actes de 14th International Congress for the Study of Child Language (IASCL), Lyon, France.

MOELLER, M. P. (2000). Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. Pediatrics 106 (3): e43, https://doi.org/10.1542/peds.106.3.e43

PERCY-SMITH, L., TØNNING, T. L., JOSVASSEN, J. L., MIKKELSEN, J. H., NISSEN, L., DIELEMAN, E., HALLSTRØM, M., & CAYÉ-THOMASEN, P. (2018). Auditory verbal rehabilitation is associated with improved outcome for children with cochlear implant. Cochlear Implants International 19:1, p. 38 45.

VAN BOGAERT, L., LOEVENBRUCK, H. & VILAIN, A (2021). Les outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds : étude exploratoire. Actes des 9èmes Journées de Phonétique Clinique (JPC). Toulouse, France.

VAN BOGAERT L., LOEVENBRUCK, H. & VILAIN, A (2021). Speech communication tools used for children with hearing loss in France. Actes de Beyond Speech Workshop – Towards Better Communication for Children with Hearing Loss, Australie.

YANBAY, E., HICKSON, L., SCARINCI, N., CONSTANTINESCU, G., & DETTMAN, S. J. (2014). Language outcomes for children with cochlear implants enrolled in different communication programs. Cochlear Implants International 15:3, p. 121 135.

YOSHINAGA-ITANO, C., SEDEY, A., COULTER, D., & MEHL, A. (1998). Language of early- and later-identified children with hearing loss. Pediatrics 102:5, p. 1161 1171.

Annexe 15 – Posters présentés lors de conférences internationales.

Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2021). Les outils d'aide à la communication utilisés avec les enfants sourds : étude exploratoire. **Journées de Phonétique Clinique**, Toulouse, France (en ligne).

Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2021). Speech communication tools used for children with hearing loss in France. **Comm4CHILD Workshop**, Leeds, UK (en ligne).

Van Bogaert, L., Machart, L. Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2022). Perception de parole chez l'enfant porteur d'implant(s) cochléaire(s) : Étude sur l'Auditory Verbal Therapy et la Langue française Parlée Complétée. **Journées d'Études sur la Parole (JEP)**, Noirmoutier, France.

Van Bogaert, L., Machart, L. Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2023). Perception de parole des enfants porteurs d'implants cochléaires : apports de l'Auditory Verbal Therapy et la Langue française Parlée Complétée. **Journées de Phonétique Clinique**, Toulouse, France.

Van Bogaert, L., Lœvenbruck, H., & Vilain, A. (2023). Sustaining Speech Development in Deaf Children with Cochlear Implants: Contributions of Auditory Verbal Therapy and French Cued Speech **Comm4CHILD Workshop**, Bruxelles, Belgique.