

# MÉMOIRE

En vue de l'obtention du  
Certificat de Capacité d'Orthophoniste  
présenté par

**Romane LARTIGUE**

soutenu publiquement en juin 2019

**Efficacité d'un entraînement au démasquage de la  
parole dans le bruit chez l'enfant sourd appareillé  
Création d'un protocole de soin**

MÉMOIRE dirigé par

**Jérôme ANDRE**, Orthophoniste, Laboratoires d'audiologie Renard, Lille

**Mélanie BOYER-CARON**, Orthophoniste, cabinet libéral, La Madeleine



## Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu mes directeurs de mémoire, Monsieur Jérôme ANDRE et Madame Mélanie BOYER pour leurs conseils éclairés, leur disponibilité, leur accompagnement tout au long de ce projet ainsi que pour l'expertise qu'ils m'ont apportée. Mes sincères remerciements vont aux orthophonistes ayant accepté de participer à notre projet ainsi qu'à leurs patients et aux laboratoires Renard ayant gracieusement accepté de nous aider. Je remercie également Monsieur Dan GNANSIA pour le temps précieux qu'il m'a consacré ainsi qu'Antoine et Valentin pour leur contribution à ce projet.

Je remercie également mes maîtres de stage de cette cinquième année pour leur soutien et leur compréhension : Madame Elodie POIVRE pour m'avoir accordé sa confiance et m'avoir pleinement préparée à la vie professionnelle, Madame Mélanie BOYER pour m'avoir transmis une rigueur et un savoir essentiels et Monsieur Frédéric DELAHAYE pour m'avoir fait découvrir une approche nouvelle et pleine de bonne humeur.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des maîtres de stage m'ayant encadrée durant ces cinq années d'apprentissage, avec une pensée particulière adressée à Mesdames Emily DEKEYZER-LOUBERT et Marion BELLEC pour cette magnifique découverte du domaine de la surdité. Je remercie aussi l'ensemble du corps enseignant pour son apport théorique d'une valeur inestimable ainsi que les responsables mémoire de la faculté pour m'avoir éclairée et rassurée.

Ma gratitude va également à ma famille et à mes amis bordelais, merci de m'avoir encouragée et soutenue tout au long de ma scolarité malgré les neuf cent kilomètres qui nous séparent. Je remercie sincèrement Florent qui partage mon quotidien, merci d'avoir cru en moi depuis le début et de toujours répondre présent quand j'ai besoin d'aide.

Enfin je tiens à remercier mes amies rencontrées à Lille, Alice B., Alice R., Alice T. Julia, Maylis et Sonia avec qui j'ai vécu ces belles années d'études. Merci pour votre patience, votre amitié irremplaçable, pour ces moments inoubliables et ceux à venir.

## **Résumé :**

L'Organisation Mondiale de la Santé recense un nombre croissant d'individus atteints de déficience auditive nécessitant un appareillage adapté. Les technologies d'aides auditives évoluent constamment et offrent aux patients sourds des possibilités d'audition plus précises. Ces progrès incitent l'orthophonie à s'adapter et à proposer un traitement plus pertinent et plus efficace, en accord avec une pratique basée sur les preuves. Pourtant, malgré de nombreuses études consacrées aux mécanismes de compréhension dans le bruit, peu abordent d'un point de vue orthophonique le démasquage de la parole, considéré comme une gêne pour les personnes malentendantes. Nous avons alors conçu un protocole destiné à évaluer l'efficacité, s'il y en a, d'un entraînement à la compréhension verbale en présence d'un bruit de fond chez des enfants sourds appareillés. Le protocole débute et se termine par une évaluation. Il comporte deux progressions de difficulté croissante s'effectuant à l'aide de vingt-sept listes de dix mots chacune, enregistrées vocalement et mixées avec un bruit de fond fixé à trois intensités différentes. Nous avons contrôlé plusieurs variables psycho-linguistiques pour les mots sélectionnés comme leur fréquence ou leur longueur. Ce protocole a été envoyé pour expérimentation à des orthophonistes volontaires, dont quatre nous ont communiqué leurs résultats : certains biais, pratiques ou méthodologiques, ont été constatés. Bien que perfectible, ce matériel est néanmoins un outil nouveau, fonctionnel et rigoureusement élaboré. Des recherches supplémentaires sont désormais requises pour explorer plus précisément les pratiques orthophoniques dans ce domaine, la construction de ce protocole et les conditions de son expérimentation.

## **Mots-clés :**

Surdité – Démasquage de la parole – Entraînement – Enfant

**Abstract :**

The World Health Organization lists a growing number of hearing-impaired listeners who require appropriate hearing aids. Hearing aid technologies are constantly improving and offer deaf patients more accurate hearing options. These advancements encourage speech therapy to adapt and provide more relevant and effective treatment, according to evidence-based practice. However, despite numerous studies devoted to the mechanisms of comprehension in noise, few discussed from a speech therapy point of view the unmasking of speech, considered as an annoyance for hearing-impaired people. We then developed a protocol to evaluate the effectiveness, if at all, of speech comprehension training in a background noise for deaf children with hearing aids. The protocol begins and ends with an evaluation. It includes two progressions of increasing difficulty using twenty-seven lists of ten words each, recorded vocally and mixed with background noise set at three different intensities. We controlled several psycho-linguistic variables for word selection such as frequency or length. This protocol was sent for experiment to volunteer speech therapists, four of whom provided us with their results: some biases, practices or methodologies were found. Although there is room for improvement, this material is nevertheless a new, functional and rigorously developed tool. Further research is now required to explore speech therapy practices in this field, construction of this protocol and conditions for its experiment.

**Keywords :**

Hearing loss – Speech unmasking – Training - Child

# Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Contexte théorique, buts et hypothèses.....</b>	<b>2</b>
1. La surdité.....	2
1.1. Définition.....	2
1.2. Orthophonie et surdité.....	2
1.3. L'appareillage.....	3
1.3.1. Implant cochléaire.....	3
1.3.2. Aides auditives conventionnelles.....	4
2. Intelligibilité dans le bruit.....	6
2.1. Mécanismes physiologiques chez le normo-entendant.....	6
2.1.1. Démasquage spatial.....	6
2.1.2. Démasquage binaural et composition du son.....	7
2.1.3. Masque et effet de masquage.....	8
2.1.4. Rapport signal/bruit.....	9
2.2. Mécanismes physiologiques lors d'une surdité.....	10
2.2.1. Structure temporelle fine.....	10
2.2.2. Incidence technologique.....	10
3. Intérêt d'un entraînement.....	11
3.1.1. Environnement sonore.....	11
3.1.2. Pratique clinique et audiométrie.....	11
Hypothèses et buts du mémoire.....	11
<b>Méthode.....</b>	<b>12</b>
1. Élaboration des listes verbales.....	12
1.1. Matériel.....	12
1.2. Méthodologie.....	12
1.2.1. Création des catégories et sous-catégories des listes verbales.....	12
1.2.2. Variables psycholinguistiques.....	13
1.2.3. Images pour les listes sur désignation.....	15
2. Élaboration des listes vocales.....	15
2.1. Matériel.....	15
2.2. Méthodologie.....	15
2.2.1. Choix des rapports signal/bruit.....	15
2.2.2. Choix du masque.....	16
2.2.3. Enregistrement vocal.....	16
2.2.4. Élaboration des pistes audio.....	17
3. Élaboration de l'épreuve d'évaluation.....	18
3.1. Matériel.....	18
3.2. Méthodologie.....	18
3.2.1. Listes audiométrie vocale dans le silence et dans le bruit.....	18
3.2.2. Dénomination.....	19
4. Création du protocole de soin.....	19
4.1. Matériel.....	19
4.2. Méthodologie.....	19
4.2.1. Facilitation cognitive et facilitation perceptive.....	19
4.2.2. Prévisionnel de séances.....	19
4.2.3. Fiches séance.....	20
4.2.4. Notice, fiche de renseignements et consentement.....	20
4.2.5. Clé USB et vidéo de présentation.....	20

4.2.6. Contenu du porte-document.....	21
<b>Résultats.....</b>	<b>21</b>
1. Listes verbales.....	21
2. Listes vocales.....	22
3. Épreuve d'évaluation.....	23
4. Protocole de soin.....	23
4.1. Prévisionnel de séances.....	23
4.2. Fiches séance.....	23
4.3. Notice, fiche de renseignements et consentements.....	23
4.4. Contenu du porte-documents.....	24
<b>Discussion.....</b>	<b>24</b>
1. Rappel des résultats.....	24
2. Intérêts et limites méthodologiques.....	24
2.1. Population cible.....	24
2.2. Listes verbales.....	25
2.2.1. Limites méthodologiques.....	25
2.2.2. Intérêt du choix de l'outil et du matériel verbal.....	26
2.3. Listes vocales.....	26
2.3.1. Limites et appui théorique du masque sélectionné.....	26
2.3.2. Limites techniques des listes vocales.....	27
2.4. Épreuves d'évaluation.....	27
3. Intérêts et limites de l'expérimentation.....	27
3.1. Limites de l'expérimentation.....	28
3.2. Qualité de l'expérimentation.....	28
4. Pistes de réflexion.....	29
4.1. Réflexion sur l'expérimentation.....	29
4.2. Réflexion sur des recherches futures.....	29
<b>Conclusion.....</b>	<b>30</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>31</b>
<b>Liste des annexes.....</b>	<b>35</b>
Annexe 1 : Schéma d'un implant (Copyright © 2019 Advanced Bionics AG et ses filiales)..	
Annexe 2 : Différents types de prothèses auditives, d'embouts et leurs indications d'après Lina-Granade, Gallego, Thai-Van, & Truy, 2010.....	
Annexe n°3 : Fréquences des mots utilisés dans les listes d'entraînement et des mots distracteurs des listes de désignation.....	
Annexe n°5 : Fréquences des mots et images utilisés dans l'épreuve de dénomination.....	
Annexe n°6 : Prévisionnels de séances pour le groupe de facilitations cognitive et perceptive.....	
Annexe n°7 : Détail d'une fiche séance d'entraînement (n°2).....	
Annexe n°8 : Détail d'une fiche séance d'évaluation (n°1).....	
Annexe n°9 : Notice du protocole et fiche de renseignements minimaux.....	
Annexe n°10 : Détail de la fiche de consentement parents et enfants.....	

# Introduction

La surdité est une atteinte sensorielle d'étiologies et de manifestations variées susceptible de toucher les individus à n'importe quel âge. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), un retard dans le développement du langage peut être observé chez les enfants sourds non pris en charge (OMS, 2017). Un suivi orthophonique est par conséquent nécessaire pour effectuer une éducation auditive.

Le rôle de l'orthophoniste auprès des enfants atteints par cette pathologie consiste alors à leur faire découvrir le monde sonore, accompagner leur développement et leur donner les outils nécessaires pour réhabiliter leur déficit au quotidien. Ce professionnel doit donc apprécier les capacités et difficultés de son patient mais également l'efficacité de la rééducation proposée en s'appuyant sur des données probantes issues de la littérature ainsi que son expérience clinique. Cette notion d'évaluation des pratiques professionnelles a été initialement désignée sous le nom d'Evidence Based Medecine (EBM) par Gordon Guyatt dans les années 80. Elle est nommée « Evidence Based Practice » (EBP) dans d'autres domaines interventionnels comme en orthophonie (Schelstraete, 2011).

L'intérêt de l'éducation auditive réside dans l'apprentissage de la signification de stimuli sonores mais aussi dans la sélection d'éléments pertinents pour la compréhension du message. Ainsi, l'entraînement à la compréhension de la parole dans le bruit vise à développer des techniques permettant à l'individu sourd appareillé de décrypter un message sonore dans des conditions de la vie quotidienne, les plus fonctionnelles et écologiques possibles.

Au vu des progrès de la technologie et de l'évolution des différents types d'appareillage, les objectifs thérapeutiques et les attentes vis-à-vis de l'orthophonie se modifient. Les possibilités d'amélioration des capacités auditives compensées par un appareillage lors du suivi orthophonique sont plus importantes. La rééducation se doit alors d'affiner au mieux les compétences auditives des patients concernés et ce, dans un but fonctionnel et écologique. Ainsi, l'écoute dans le bruit faisant partie intégrante de notre quotidien et de celui des patients avec une atteinte auditive, il est, en pratique clinique, de plus en plus inclus dans le projet thérapeutique orthophonique.

Il semble cependant exister peu de preuves externes issues de la littérature permettant de confirmer ou d'infirmer l'efficacité d'un tel entraînement. Ce mémoire s'attachera donc à fournir un support proposant un entraînement clinique cadré et permettant d'apprécier son efficacité pour le démasquage de la parole dans le bruit auprès d'enfants sourds appareillés ou implantés. Ainsi, ce travail vise à ouvrir la possibilité qu'une recherche plus poussée s'effectue, à l'aide des éléments obtenus et des réflexions proposées.

Une première partie présentera les données actuelles de la littérature à propos de la surdité et du démasquage de la parole chez les sujets normo-entendants et sourds, l'intérêt d'une approche fonctionnelle de la rééducation ainsi que d'une pratique basée sur les preuves. Une deuxième partie s'attachera à décrire la méthode de création du protocole d'entraînement étape par étape. Une troisième partie exposera les résultats obtenus qui seront analysés, interprétés et discutés dans une dernière partie qui proposera des pistes de réflexion et de recherche permettant de poursuivre les ambitions de ce mémoire.

# Contexte théorique, buts et hypothèses

## 1. La surdité

### 1.1. Définition

La surdité est un déficit sensoriel pouvant toucher les individus à tous les âges de la vie (OMS, 1993). L'OMS estime que cette affection concerne 466 millions de personnes dans le monde dont 34 millions d'enfants et a un impact conséquent sur la communication, le langage et la scolarité en général, surtout chez les plus jeunes pour qui le langage est en plein développement. Il existe différents types de surdités : la surdité de transmission (concerne l'oreille externe et l'oreille moyenne), la surdité de perception (concerne l'oreille interne) et la surdité mixte. La surdité peut se manifester selon différents degrés, peut être unilatérale ou bilatérale et impacte le développement du langage de différentes façons (Loundon, Busquet, & Garabedian, 2009; HAS, 2007 ; Lina-Granade & Truy, 2005). Même en cas d'absence d'audition, la **surdité unilatérale** a peu d'impact sur l'acquisition et le développement du langage. Elle peut tout de même gêner la perception du message en environnement bruyant et avoir des retentissements au niveau scolaire. La **surdité légère bilatérale** (entre 21 et 40 décibels ou dB de perte auditive) induit un léger retard dans le développement du langage, l'appareillage n'est pas systématique. En cas de **surdité moyenne bilatérale** (entre 41 et 70 dB de perte), la parole n'est perçue qu'à un niveau d'intensité élevé, des stratégies de compensation sont développées par l'enfant, l'appareillage est indispensable pour le développement du langage. Quand l'enfant présente une **surdité sévère bilatérale** (entre 71 et 90 dB de perte), la parole est perçue à voix forte près de l'oreille et seuls les bruits intenses sont perçus. Il peut y avoir un retard important voire une absence de langage. La **surdité profonde** (entre 91 et 119 dB de perte) ne permet aucune perception de la parole, seuls les bruits très puissants sont perçus, il n'y a pas de diversification du babil ni de langage. Enfin lors d'une **surdité totale ou cophose** (environ 120 dB de perte), aucun son n'est perçu, le langage est absent sans prise en charge auditive. En ce qui concerne les surdités bilatérales sévères à totales, la lecture labiale est la seule source de perception de la parole, l'apport prothétique peut s'avérer insuffisant, l'implant cochléaire (IC) peut être proposé. Sans prise en charge du déficit auditif, l'accès au langage est presque impossible (Loundon et al., 2009).

### 1.2. Orthophonie et surdité

La prise en charge orthophonique débute dès l'annonce du diagnostic afin de favoriser le développement du langage de l'enfant (André-Vert & Laurence, 2014 ; Taly, 2010) et la HAS fait état d'interventions hebdomadaires d'environ 1h15 par semaine avec un suivi au long cours sur 5 ans au minimum. La HAS attribue à l'orthophoniste un rôle dans l'accompagnement familial : il doit pouvoir expliquer la surdité aux parents (les retentissements sur le langage et la communication de l'enfant, au quotidien), aider la famille dans l'acceptation du handicap de l'enfant, valoriser les parents et l'enfant sourd ainsi que proposer des rencontres avec d'autres personnes sourdes (HAS, 2009). En ce qui concerne l'éducation précoce, et selon la HAS, l'orthophoniste se doit de développer la communication

et de préparer l'acquisition du langage en soutenant les productions de l'enfant, en développant la multisensorialité et la multimodalité de la communication et en encourageant l'aide technique auprès de ces enfants. De plus, ce professionnel doit également accompagner l'accès au sens pour les enfants sourds en favorisant la compréhension du langage sous toutes ses modalités, de son environnement et de son entourage social. Il va également encourager les échanges avec son entourage, en soutenant l'enfant pour son intégration dans ses lieux de vie et en valorisant son développement en tant qu'individu. Ainsi, l'orthophoniste se place en professionnel de la communication proposant une intervention adaptée aux besoins et demandes du patient dans sa vie quotidienne. Il visera alors à apporter les outils nécessaires au développement du langage chez l'enfant sourd, si telle est sa demande ou celle de ses parents. Le projet thérapeutique sera alors élaboré avec le patient et sa famille dans le but de développer la communication, le langage et la perception auditive de l'enfant en s'appuyant sur ses compétences existantes et ses intérêts.

### 1.3. L'appareillage

Les individus présentant une surdité et dont les examens objectifs soulignent la nécessité d'une aide auditive peuvent bénéficier de différents appareillages en fonction du type et degré de leur surdité mais aussi de son retentissement fonctionnel. Il existe plusieurs sortes d'appareillages : l'implant du tronc cérébral, l'implant électro-acoustique, l'implant d'oreille moyenne, la prothèse auditive à ancrage osseux (Bone Anchored Hearing Aid ou BAHA), la prothèse Tactaid (induisant des vibrations dorsales), les aides auditives conventionnelles en voie aérienne et l'IC (Mondain, Blanchet, Venail, & Vieu, 2005). Seules les deux dernières, qui concernent les enfants ciblés par ce mémoire, seront explicitées.

#### 1.3.1. Implant cochléaire

L'implant cochléaire est une aide auditive qui permet d'instaurer ou de restaurer une perception auditive chez un individu présentant une atteinte auditive par le biais de stimulations électriques de l'oreille interne. Il est composé de deux parties : une partie interne (récepteur, faisceau d'électrodes) et une partie externe (microphone, processeur vocal, antenne). Le **microphone** capte les sons et les convertit en signal électronique homogène. Ce signal est numérisé par le **processeur vocal** qui va le filtrer et le répartir en bandes fréquentielles. Pour chacune de ces bandes, une gamme de fréquences sonores correspondante sera attribuée, le plus souvent entre 200 et 7500 Hz. Le signal est ensuite transmis par induction électromagnétique au **récepteur** placé sous la peau au niveau de l'os mastoïdien par le biais d'une **antenne** aimantée. Les **électrodes** placées de manière chirurgicale le long de la cochlée vont recevoir des impulsions électriques du récepteur par voie transcutanée en fonction des caractéristiques du signal. Chaque électrode répondra à une bande de fréquence spécifique. Ces électrodes sont placées tonotopiquement, soit réparties de manière ordonnée : celles couvrant les fréquences les plus aiguës sont placées à la base de la cochlée, celles couvrant les plus graves, à son apex. Ainsi, les stimulations vont solliciter le nerf auditif afin de conduire ce signal jusqu'au cerveau où le message sera interprété comme une information acoustique (Bouccara, Mosnier, Bernardeschi, Ferrary, & Sterkers, 2012; Legent et al., 2012). Un schéma des éléments de l'implant est présenté en Annexe 1.

L'indication d'implantation se fait au sein d'une équipe pluridisciplinaire, généralement dans le cas de surdités sévères à profondes pour lesquelles les aides auditives conventionnelles ne permettent plus de compenser le déficit auditif et montrent un apport prothétique faible ou nul. Si lors d'un test audiométrique vocal en champ libre, sans le support de la lecture labiale et avec des aides auditives les mieux adaptées, le patient obtient un score inférieur ou égal à 50% à l'épreuve de discrimination de mots à une intensité d'environ 60 dB, il est en indication d'implantation (Collignon, Biga, & Gernigon, 2007). L'implant cochléaire donne accès au monde sonore à un enfant pour qui les appareils auditifs conventionnels sont insuffisants. Il nécessite cependant un accompagnement orthophonique pour décrypter les sons. La pose d'un implant se déroule en deux temps. Le premier temps est la pose de la partie interne par un chirurgien. Le deuxième est le premier réglage programmé environ un mois après la pose de la partie interne, une fois que la peau a correctement cicatrisé. Les réglages de l'implant s'effectuent souvent auprès d'un audioprothésiste et se font dans le centre d'implantation le plus proche. Les réglages sont affinés à mesure que le patient s'habitue aux nouvelles stimulations de son nerf auditif et l'orthophonie permet entre autres le décodage de nouveaux sons avec le patient.

Plusieurs paramètres techniques varient en fonction de la marque de l'implant ou du modèle de l'implant (Dauman et al., 1998) : **le nombre d'électrodes et la répartition fréquentielle** (22 électrodes, 20 électrodes, 16 ou encore 12 électrodes sur lesquelles les fréquences sont réparties), **la taille du stimulateur sous-cutané** (surtout pour le confort du port de l'implant), **la place du microphone** (sur un contour d'oreille ou logé directement sur l'antenne) et **le processeur vocal**. Ce dernier constitue la différence la plus importante entre les appareils, rendant les stratégies de codage et les traitements du signal propres à chacun d'eux. Il existe des processeurs comportant deux, trois ou quatre programmes mémorisables permettant ainsi d'adapter les réglages à la progression du patient mais aussi à son environnement sonore. Plusieurs paramètres liés à l'individu peuvent également être source de différences interindividuelles. Seules les variations interindividuelles concernant l'enfant seront présentées. Parmi elles, certaines études relèvent principalement l'effet de l'âge d'apparition de la surdité, de l'âge d'implantation, du mode de communication mis en place avant et après l'implantation et du niveau socio-professionnel de l'enfant et de sa famille (Geers, Brenner, Nicholas, Tye-Murray, & Tobey, 2003).

### 1.3.2. Aides auditives conventionnelles

Les aides auditives conventionnelles (AAC) à conduction aérienne sont composées d'un microphone qui va capter le signal, d'un processeur qui le traite et d'un écouteur qui permet la retransmission du signal (Azema, 2006 ; Vincent et al., 2007). Nous traiterons ici seulement des appareils à technologie numérique car ceux à technologie analogique ne sont pas efficaces dans un milieu bruyant et se font rares (Legent et al., 2012). L'appareillage comporte trois technologies principales ainsi que des options dont les paramètres varient en fonction des marques et des appareils (Legent et al., 2012). Les ACC sont équipés de **puces** dont l'analyse des sons peut se faire en 2, 4, 8, 16, 32, 64 ou 128 canaux et pour lesquelles le nombre de canaux détermine la finesse du découpage (plus il y en a, meilleure est l'analyse). Les AAC ont aussi un **système de compression** qui augmente l'intensité des sons faibles et atténue l'amplification des sons trop forts. La réduction progressive du gain se déclenche à partir d'un

certain seuil pour s'appliquer en fonction de l'intensité du stimuli sonore capté par le microphone. Le seuil de compression est fixé après l'établissement de la dynamique du patient à l'aide des seuils d'inconfort et de perception. Les appareils peuvent aussi être équipés d'un **système anti-larsen** qui vise à supprimer le sifflement du microphone. Enfin, parmi les options technologiques, il existe des **systèmes de réduction du bruit** et différents fonctionnements de microphone : les **microphones omnidirectionnels et unidirectionnels**. Les unidirectionnels ont tendance à privilégier les sons de parole en réduisant le gain du bruit de fond. Certaines AAC sont également équipées d'un **système de filtration** qui atténue les bruits considérés comme agressifs (ex. bris de verre). Tous ces éléments servent à améliorer le confort de port des AAC et l'audition du patient.

Ainsi le marché de l'appareillage en voie aérienne a vu se développer plusieurs aides auditives : les contours d'oreille, les intra-auriculaires, les boîtiers auditifs ou encore les lunettes auditives. Seuls les deux premiers types seront détaillés car ce sont les plus couramment utilisés (Vincent et al., 2007). L'appareillage à contour d'oreille se place derrière l'oreille et le son est conduit par un gros tube acoustique jusqu'à un embout sur mesure placé à l'entrée du conduit auditif. Il existe plusieurs sortes de contours d'oreille : le contour d'oreille classique et le contour *open*. Le **contour d'oreille classique ou BTE** (behind the ear) comporte un embout moulé qui se positionne au niveau du pavillon de l'oreille relié au boîtier placé derrière l'oreille par un tube en silicone. L'embout permet alors la diffusion du son traité par l'appareil auditif dans l'oreille et limite la possibilité d'un effet larsen. Les **contours open** sont posés sur l'oreille comme le contour BTE mais laissent le conduit auditif ouvert, ne nécessitant ainsi pas d'empreinte sur mesure pour l'embout. Il en existe deux types : ceux dont l'écouteur est juste à la sortie du boîtier et ceux à écouteurs déportés. Les premiers laissent le conduit auditif totalement ouvert et sont principalement destinés aux personnes presbycousiques car ils n'amplifient que les fréquences aiguës. Les sons graves, préservés dans la presbycousie, sont alors captés naturellement par le conduit auditif. Ceux à **écouteurs déportés** comportent un petit écouteur placé profondément dans le conduit auditif qui transmet à l'oreille le son amplifié par le biais d'un câble électrique et non par un tube acoustique, ce qui réduit l'effet Larsen (Lina-Granade, Gallego, Thai-Van, & Truy, 2010). Le volume du contour y est réduit et le rendu du son plus naturel. Les **appareils intra-auriculaires** sont une alternative au contour d'oreille, proposés pour les surdités moyennes à sévères et seulement à partir de l'adolescence en raison de la taille du conduit auditif. Ils sont peu indiqués en cas de presbycousie car ils peuvent générer un effet Larsen en raison de la proximité entre le microphone et l'écouteur. De plus, les fréquences graves, correctement perçues en temps normal, sont atténuées car le conduit auditif est obstrué (Azema, 2006 ; Legent et al., 2012 ; Lina-Granade et al., 2010 ; Vincent et al., 2007). L'Annexe 2 détaille les types d'ACC en voie aérienne.

Les aides auditives conventionnelles sont proposées dès le troisième mois de vie quand l'enfant peut tenir sa tête, après une évaluation pluridisciplinaire permettant d'objectiver la surdité. Si une surdité est détectée, seuls les contours d'oreille classiques sont proposés aux nourrissons et aux enfants en raison de la petite taille de leur conduit auditif et de sa croissance continue. Elles sont obligatoires avant toute indication d'implantation pendant au moins plusieurs mois. Cela permet d'apprécier l'efficacité de ce type d'appareillage avant d'en proposer une alternative, l'implant cochléaire, s'il est nécessaire (Legent et al., 2012).

## 2. Intelligibilité dans le bruit

Le démasquage de la parole consiste à extraire d'un environnement avec un bruit fluctuant des informations verbales pertinentes afin de comprendre le message contenu dans le signal cible, c'est-à-dire la performance d'identification correcte du signal de parole. Il existe trois facteurs contribuant à la difficulté de démasquage de la parole : une réduction de l'audibilité objectivée par audiométrie, une dégradation de la sélectivité fréquentielle et enfin un déficit de perception des structures fines au sein des bandes fréquentielles de la parole. Enfin, la compétence de démasquage de la parole dépend de l'efficacité de mécanismes physiologiques spécifiques à l'écoute dans le bruit (Richard, 2010).

### 2.1. Mécanismes physiologiques chez le normo-entendant

La compréhension dans le bruit met en jeu de nombreux paramètres et effets ayant un impact plus ou moins important sur l'efficacité du traitement de la parole. Ces mécanismes se mettent en place dès qu'une situation de démasquage de la parole va être requise. Le traitement de la parole est cognitivement représenté par un processus ascendant (*bottom-up*), analysant les informations visuelles et auditives, ainsi que par un processus descendant (*top-down*), qui permet l'utilisation du contexte pour améliorer la compréhension. Le processus *top-down* est également nommé « suppléance mentale ». Celle-ci dépend majoritairement de l'individu, de ses capacités mnésiques, attentionnelles et langagières, de son expérience et de ses connaissances et ainsi que de nombreuses autres variables interindividuelles (Dupont & Lejeune, 2018). Dans le cas d'une conversation en environnement bruyant, le système cognitif a la capacité de récupérer assez d'indices pertinents lorsque le signal acoustique est dégradé pour permettre la compréhension du message. Ce phénomène a été décrit par Cherry en 1953 sous le nom de l'effet *cocktail-party*. Il explique, au travers des expériences qu'il présente, que les signaux parasites, quand ils sont perçus, entrent en concurrence avec le message cible car ils sont encodés de la même façon. Cependant l'auditeur peut se concentrer sur le signal cible en inhibant ou en atténuant les signaux parasites grâce à différents mécanismes : la localisation de la source sonore, la binauralité, la composition et la nature du masque ainsi que le rapport signal/bruit (RSB).

#### 2.1.1. Démasquage spatial

L'utilisation de la localisation spatiale pour améliorer la compréhension dans le bruit est désignée sous le nom de « levée du masquage par dissociation spatiale » ou *spatial release from masking* (Hawley, Litovsky, & Culling, 2004 ; Lorenzi, 2016). Elle met en jeu deux processus : les indices monauraux et les indices binauraux. Les indices monauraux tirent leur efficacité de l'utilisation de la meilleure oreille, à l'aide de l'effet « ombre de la tête » ou *headshadow* (Djakoure, 2017 ; Hawley et al., 2004 ; Peissig & Kollmeier, 1997). Cet effet se caractérise par la présence d'un obstacle, la tête, lors de l'écoute d'un son qui provoque une diffraction du bruit de fond et favorise la compréhension verbale. Lorsque l'individu est en condition d'écoute monaurale (diffusion du signal cible de front et du signal parasite de la

droite), la dissociation spatiale est possible et l'effet *headshadow* est présent seulement lorsqu'il y a un seul signal parasite (Hawley et al., 2004). Dès que le nombre de signaux parasites augmente et que ceux-ci sont plus diffus, la dissociation spatiale sur un plan vertical est impossible car l'individu ne peut plus se servir des réverbérations du son pour localiser la source du signal cible. Les indices monauraux sont alors inefficaces (Hawley et al., 2004 ; Lorenzi, 2016). Or, en situation de *cocktail-party* dans la vie courante, les stimuli sonores n'arrivent pas de manière équivalente aux deux oreilles, le plus souvent l'une reçoit plus d'informations que l'autre. Cette oreille reçoit donc le signal parasite à une intensité plus forte que l'autre, l'autre oreille sera alors privilégiée pour l'écoute du signal cible dans un bruit de fond. Ce phénomène est expliqué par deux indices binauraux s'appuyant sur l'effet *headshadow* : la **différence interaurale d'intensité** (DII) et la **différence interaurale de temps** (DIT). La DII équivaut à la différence d'intensité arrivant à chaque oreille et la DIT correspond à la différence temporelle d'arrivée du signal à chaque oreille. Ainsi, l'oreille la moins exposée au bruit de fond sera utilisée pour l'écoute du signal cible. Lorsque la localisation spatiale est impossible, on va se servir d'autres indices (ex. indices infra-lexicaux : prosodie, intonation, rythme de parole ; indices contextuels, etc.).

### 2.1.2. Démasquage binaural et composition du son

L'effet *squelch* et l'effet de **sommation** sont deux effets centraux car ils interviennent au niveau cérébral. Le premier découle du traitement cérébral des DII et DIT lorsque les sources de bruit et de parole sont différentes afin d'améliorer le démasquage de la parole. La stéréophonie apportée par la binauralité permet d'augmenter le pourcentage d'intelligibilité dans le bruit de 20 à 25 % (Mosnier, 2013). L'effet de **sommation** est provoqué par le cerveau, en situation binaurale, qui augmente au niveau central l'intensité d'un même signal diffusé aux deux oreilles, pouvant aller de 3 à 6 dB (Hawley et al., 2004 ; Mosnier, 2013). Un autre effet a été relevé par Mott, McDonald, & Sinex (1990) comme étant facilitateur du démasquage de la parole : l'**écoute dans les vallées du bruit**. Un son comporte des indices spectraux et des indices temporels. Un bruit masquant va alors présenter des fluctuations d'enveloppe plus ou moins importantes en fonction de sa nature. Lorsqu'il présente des fluctuations importantes, le système central va mettre à profit les instants où le bruit est le moins énergétique pour concentrer l'écoute sur ces périodes. En effet, quand le bruit masquant est peu énergétique, le masquage est moins important (Mott et al., 1990). Hawley et al. (2004) ont également relevé cet effet qu'ils nomment *dip-listening* dans leur étude ainsi que dans celle de Festen & Plomp (1990). Ils mettent aussi en évidence l'effet du nombre de locuteurs interférents : plus ils sont nombreux, plus l'effet d'écoute dans les vallées du bruit est réduit.

Tout son naturel de parole comporte une **enveloppe temporelle**, des **structures temporelles fines** (STF) ainsi qu'une **enveloppe spectrale** qui correspond au contenu fréquentiel du signal, codé tonotopiquement sur la cochlée et le nerf auditif (Djakoure, 2017). Les indices temporels jouent un rôle crucial dans la perception des sons de parole et de la musique (Shannon, Zeng, Kamath, Wygonski, & Ekelid, 1995) et les STF donnent à l'auditeur des indices sur la prosodie et les émotions du locuteur qui permettent de l'identifier (Moore, 2008). L'enveloppe temporelle comprend l'ensemble des fluctuations lentes du son, inférieures à 50 Hz et les STF correspondent à des fluctuations rapides, supérieures à 50 Hz. Une étude a montré qu'un son de parole peut être intelligible dans le silence sans la présence

de STF. Cependant lorsqu'il s'agit d'une situation d'écoute dans le bruit, cet indice est indispensable à la compréhension du message (Drullman, 1995 ; Shannon, Zeng, Kamath, Wygonski, & Ekelid, 1995 ; Swaminathan et al., 2016).

### 2.1.3. Masque et effet de masquage

Lors d'une conversation en milieu bruyant, deux mécanismes entrent en jeu : le masquage **énergétique** et le masquage **informationnel** (Brungart & Simpson, 2002 ; Dole, 2012 ; Dubois, Meunier, Rabau, Poisson, & Guyader, 2010 ; Grataloup, Hoen, Pellegrino, & Meunier, 2006 ; Kidd, Mason, Arbogast, Brungart, & Simpson, 2003). Le masquage **informationnel** apparaît lorsque le masque est un bruit de parole : les éléments linguistiques et acoustiques du signal cible et du signal parasite sont alors similaires et se chevauchent. L'individu se retrouve par conséquent en grande difficulté voire dans l'impossibilité de séparer le contenu du signal cible de celui du signal parasite. Le masquage **informationnel** pur (quand le matériel verbal du signal cible et celui du signal parasite sont identiques) ne se retrouve qu'en situation expérimentale. Il est effectif jusqu'à huit locuteurs, au-delà l'effet n'augmente plus (Simpson & Cooke, 2005). Ce masquage met en jeu un effet de familiarité linguistique, un effet sémantique. Du fait de la familiarité linguistique, le système cognitif de l'individu applique un traitement sémantique à la parole environnante (Gnansia, 2009) en plus de devoir sélectionner le message d'intérêt. Le masquage **énergétique** intervient lorsque le masque et le signal se chevauchent en temps et en fréquence, cela ne permet alors pas à l'individu de distinguer les informations acoustiques contenues dans le signal cible (Brungart & Simpson, 2002). Ainsi, plus les propriétés spectrales et temporelles du signal cible et du masque sont similaires, plus l'effet de masquage est important.

Plusieurs types de masques peuvent être utilisés lors d'une situation expérimentale de compréhension dans le bruit : un bruit continu, un bruit stable, un bruit fluctuant et un bruit impulsionnel. Le bruit continu possède des fluctuations inférieures à 1 dB et le bruit stable, des fluctuations maximales de 5 dB pendant une période donnée. Le bruit est dit fluctuant quand ses variations excèdent 5 dB de manière intermittente, répétitive ou aléatoire. Le bruit impulsionnel possède plusieurs pics d'intensité forts, rapides (de moins d'une seconde) et espacés de plus de 200 ms (Legent et al., 2012). Il existe de nombreux sons pouvant être utilisés en audiométrie ou en situation expérimentale (Legent et al., 2012) : le son pur, le son pur pulsé (interrompu périodiquement), les bouffées tonales (sons purs très courts), les clics, les sons purs modulés (variations périodiques, sinusoïdales ou rectangulaires) en fréquence (son vobulé) ou en amplitude, le speech noise ou speech-shaped noise (SSN), le bruit blanc ou le bruit rose. Le SSN est un bruit blanc dont la modulation d'amplitude et le spectre correspondent à ceux de la parole, mais dépourvu d'information linguistique. Il ne fait donc intervenir ni l'effet de traitement sémantique de la parole, ni les structures temporelles fines qu'elle contient. Il est souvent utilisé comme masque car il est constant et peut être plus aisément calibré qu'un bruit de parole écologique (Legent et al., 2012). De plus, aucune situation représentative d'un bruit de parole dans la vie courante n'a encore été créée (Wu et al., 2018), probablement à cause des difficultés de calibration d'un tel bruit (Djakoure, 2017).

La nature du masque intervient également dans le processus de démasquage de la parole. Sperry et al. (1997) ont analysé dans leur étude les effets de trois différents masques lors d'une situation de démasquage de parole à l'aide d'un test de reconnaissance de mots

avec une voix féminine, le North-western University Auditory Test No. 6 (NU-6). Ils ont confronté un masque composé de six locuteurs (trois femmes et trois hommes). Puis ils ont testé ce même masque diffusé à l'envers, basé sur 30 secondes d'enregistrement du précédent masque afin d'ôter tout contenu sémantique. Celui-ci nommé *Backward multitalker Competing Message* (BCM) conserve les caractéristiques temporelles et spectrales du premier masque nommé *Forward Competing Message* (FCM). Enfin, ils ont créé un masque de mêmes modulations et fluctuations d'amplitude et de spectre que le FCM sans contenu sémantique, équivalent à un SSN. Le résultat de leur étude met en évidence l'effet masquant important du contenu sémantique ainsi que de la parole humaine sur la performance de reconnaissance de mots. De fait le FCM a un effet plus masquant que le BCM et que le SSN, cependant le SSN a un effet moins masquant que le FCM et BCM. De plus, la voix masculine a un effet masquant plus important que la voix féminine (Festen & Plomp, 1990).

#### **2.1.4. Rapport signal/bruit**

Lors d'une situation de compréhension de la parole dans le bruit, l'individu s'appuie sur le rapport signal/bruit (RSB). Celui-ci correspond à la différence d'intensité en décibels entre le signal cible et le masque. Lorsque la voix est plus intense que le masque, le rapport est positif, lorsqu'elle est moins intense que le masque, il est négatif. Quand l'intensité du masque augmente, celle de la parole augmente également mais leur relation n'est pas linéaire (Dan Gnansia, 2009 ; Wu et al., 2018). Une étude de Peason, Benett & Fidell (1977 ; cités par Wu et al. 2018) a effectué environ 110 mesures de situations d'écoute dans la vie courante chez le normo-entendant. Les auteurs ont relevé un RSB de +10 dB lorsque le bruit de fond était à 45dB, et ont observé par la suite une relation linéaire entre l'intensité du bruit de fond et celle de la parole jusqu'à 70 dB. Au-delà de cette intensité, le RSB était égal à zéro.

Or, l'étude de Wu et al. (2018) relève des seuils différents chez les personnes ayant une atteinte auditive. Ils ont analysé 894 situations d'écoute provenant de 20 adultes (8 hommes et 12 femmes) âgés de 65 à 80 ans. Leurs résultats mettent en évidence le constat suivant : lorsque le bruit de fond atteint une intensité de 74 dB, l'intensité de parole atteint son augmentation maximale. Au-delà de cette intensité, si le bruit de fond augmente, le maximum d'intensité de parole sera de 74 dB (Wu et al., 2018). Dans cette étude, les variations de RSB relevées vont de 40 à 74 dB pour le bruit de fond et de 60 à 74 dB pour la parole, ce qui implique une diminution du RSB de 20 à 0 dB. Les résultats de ces deux études nous suggèrent la présence de différences au sein des mécanismes physiologiques du démasquage de la parole entre l'individu normo-entendant et l'individu sourd. Plusieurs sources indiquent en effet chez l'individu malentendant, même appareillé, des difficultés supérieures au normo-entendant concernant la compréhension verbale dans le bruit (Avan, Cazals, Dauman, Denoyelle, & Hardelin, 2006 ; Füllgrabe, Berthommier, & Lorenzi, 2006 ; Gnansia, 2009 ; Hopkins & Moore, 2011 ; Moore, 2008).

## **2.2. Mécanismes physiologiques lors d'une surdité**

### **2.2.1. Structure temporelle fine**

Alors qu'un individu normo-entendant se sert des fluctuations temporelles et/ou spectrales d'un masque, les individus avec un déficit auditif présentent un trouble de perception des structures temporelles fines (Hopkins & Moore, 2011 ; Moore, 2008). Hopkins, Moore & Stone (2008) ont étudié plus précisément ces difficultés de perception de STF chez les personnes malentendantes. Pour ce faire, ils ont mesuré le seuil de réception de la parole (SRT) à partir de phrases cibles contenues dans un environnement ambiant de parole tout en faisant varier la quantité de STF transmise par bande de fréquence. Les conclusions de cette étude soulignent la difficulté d'accès pour les personnes avec déficience auditive à ce type d'information, même lorsqu'elle est présentée dans son intégrité (Gnansia, 2009). Par conséquent, en environnement sonore, ces indices ne peuvent être mis à profit par les individus malentendants pour augmenter l'intelligibilité du signal de parole cible.

### **2.2.2. Incidence technologique**

Une étude randomisée de Smulders et al. (2016) a mis en évidence les avantages d'une implantation bilatérale face à une implantation unilatérale chez dix-neuf patients implantés unilatéralement et dix-neuf bilatéralement. Leurs résultats ainsi que ceux d'autres études citées dans leur article (pour une revue, voir Smulders et al., 2016) relèvent une localisation des sons significativement meilleure pour les patients implantés bilatéralement que pour ceux implantés unilatéralement. De même, l'étude de Dunn et al. (2010) obtient de meilleurs résultats chez la population avec un implant bilatéral pour la localisation du son et la distinction entre le signal cible et le masque. De plus Smulders et al. (2016) soulignent la présence occasionnelle d'un effet de sommation dans l'étude menée par Buss et al. (2008). Un questionnaire subjectif a également été présenté aux participants résultant en une évaluation de leur performance dans le bruit meilleure pour les implants bilatéraux que pour les unilatéraux. L'étude d'Achard et al. (2014) considère également un bénéfice binaural entre une situation avec un seul implant allumé et une situation avec les deux implants, chez des patients implantés bilatéralement. Les résultats de compréhension dans le bruit sont cependant objectivement équivalents lorsque le signal cible est présenté à l'oreille implantée pour les IC unilatéraux ou à la meilleure oreille pour les IC bilatéraux (Smulders et al., 2016).

Toutefois, selon un rapport de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Avan, Cazals, Dauman, Denoyelle, & Hardelin, 2006), les sujets implantés ont systématiquement des difficultés de compréhension dans le bruit. En effet, dans le bruit, l'individu a besoin de rassembler plus d'informations acoustiques pour un démasquage efficace du signal cible et le rôle des STF est de préciser ces informations acoustiques. Néanmoins, cet élément faisant défaut aux personnes atteintes de déficience auditive n'est pas transmis par l'appareillage, encore inefficace pour cet aspect (Dorman, Loizou, Spahr, & Maloff, 2002).

### **3. Intérêt d'un entraînement**

#### **3.1.1. Environnement sonore**

Un individu est quotidiennement confronté à un grand nombre de situations de communication dans des environnements bruyants et ce, dès l'enfance. Une étude menée par Elisabeth Dumaurier (1985) sur 152 enfants (78 garçons et 74 filles) et confirmée par une expertise acoustique précise, a analysé l'exposition sonore des enfants à l'école. Cette étude s'est concentrée d'une part sur sept classes de cours préparatoire réparties sur cinq écoles d'un même arrondissement de Paris pour analyser l'environnement sonore en classe. D'autre part E. Dumaurier a effectué des relevés dans les cantines et préaux de ces mêmes écoles. Les résultats ont mis en évidence un niveau acoustique compris entre 62 et 72 dB en classe, entre 71 et 85 dB en cour de récréation et entre 81 et 87 dB à la cantine. Par ailleurs, cette étude met en évidence la fatigabilité des enfants et l'impact du bruit sur leurs apprentissages. Ce travail a été mené auprès d'enfants normo-entendants, il est donc nécessaire de le prendre en compte et de visualiser les difficultés supplémentaires que pourraient rencontrer les enfants sourds appareillés.

#### **3.1.2. Pratique clinique et audiométrie**

Les personnes implantées font état de difficultés de compréhension dans le bruit au quotidien (Ambert-Dahan et al., 2018). La raison première d'un tel entraînement est donc l'apport de l'orthophonie à leur besoin, leur plainte et/ou leur demande. De plus, l'audiométrie vocale fait état de tests en milieu bruyant permettant de mettre rapidement en exergue la présence d'une gêne auditive dans le bruit, en particulier chez les patients presbycousiques et pour les surdités de perception (Legent et al., 2012). Ces évaluations permettent alors de déterminer le seuil d'intelligibilité pour un bruit de fond donné, le plus souvent calibré à 60 dB. Cela permet non seulement d'apprécier le niveau de difficulté rencontré par le patient mais également d'adapter les réglages d'appareillage. Il existe peu d'évaluations francophones de ce type, on trouve parmi elles le test de Hirsh évaluant la modalité binaurale ainsi que le test d'intégration phonétique de Lafon (Legent et al., 2012).

### **Hypothèses et buts du mémoire**

Ainsi, les éléments explorés ci-dessus ont mis en évidence une recherche approfondie dans le domaine du démasquage de la parole mais un manque de preuve concernant l'efficacité d'un entraînement orthophonique à la compréhension dans le bruit. De plus, le contexte théorique présenté souligne la nécessité de cette compétence autant dans la vie quotidienne qu'en évaluation audiométrique. L'ambition de ce mémoire consiste alors à apporter un protocole d'entraînement au démasquage de la parole dans le bruit permettant d'objectiver par la suite son efficacité chez un enfant présentant un déficit auditif compensé par un appareillage dans le but d'améliorer sa compréhension dans le bruit. En conséquence, ce mémoire s'attachera à produire un support d'entraînement progressif pouvant déterminer l'effet de cet entraînement sur la capacité de compréhension dans le bruit chez ces enfants. De

plus, nous établirons deux progressions pouvant souligner le type de facilitation, cognitive ou perceptive, qui atteste d'un progrès plus important de la compétence de démasquage.

Ce travail aura alors pour objectifs la création de listes de mots fréquents respectant une progression croissante ainsi qu'une répartition phonémique la plus équilibrée possible dans chaque liste mais également la création d'enregistrements vocaux de ces listes avec la sélection d'un bruit de fond et de RSB. Il visera également la sélection des épreuves d'évaluation, puis la création de l'ensemble du matériel.

## **Méthode**

### **1. Élaboration des listes verbales**

#### **1.1. Matériel**

L'élaboration des listes verbales a été effectuée à l'aide de Manulex. C'est une base de données lexicales en ligne permettant d'obtenir les fréquences d'occurrence de mots dans la langue française écrite. Les fréquences d'occurrence ont été établies à l'aide d'un corpus de 54 manuels scolaires ce qui correspond à 1,9 millions de mots. L'outil propose un classement des fréquences par niveau de lecture présenté en trois stades : le CP, le CE1 et le CE2-CM2. Il est possible d'interroger la base de données sur le regroupement de l'ensemble des niveaux de l'école primaire (Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P., 2004 ; Ortega, É., & Lété, B., 2010). La création des images en lien avec les neuf premières listes (cf. Figure 2) a été effectuée à l'aide du logiciel Photoshop CS6 et d'une tablette graphique Wacom Intuos Draw.

#### **1.2. Méthodologie**

##### **1.2.1. Création des catégories et sous-catégories des listes verbales**

Afin d'atteindre les objectifs de ce mémoire, vingt-sept listes de dix mots chacune ont été retenues. Ce choix du nombre d'items est arbitraire au vu de l'absence de recommandations universelles pour ce paramètre (Schelstraete, 2011). Aussi, nous souhaitons avoir assez d'items pour prétendre à un entraînement mais pas trop pour éviter une surcharge cognitive au patient. Une progression croissante de la difficulté de reconnaissance des mots a alors été établie et trois catégories ont été créées : listes sur désignation, listes fermées, listes ouvertes. Pour chacune de ces listes, trois sous-catégories ont été conçues comportant chacune trois listes de mots : une liste de mots monosyllabiques, une liste de mots bisyllabiques et une liste de mots trisyllabiques (cf. Figure 1).

Les listes sur désignation seront présentées avec une planche d'images qui permettra à l'enfant de montrer l'image correspondant au mot qu'il aura perçu. Ce mode de présentation et de réponse implique un choix plus restreint et donc une capacité de reconnaissance des mots augmentée car l'enfant a devant lui les possibilités de réponses. Le recours possible à la suppléance mentale y est important.

Les listes fermées impliquent un choix de réponse plus large que lors de la désignation d'image mais plus restreint que pour les listes ouvertes. Ainsi le rééducateur donnera le thème

de la liste à l'enfant et sa sélection lexicale en sera facilitée. Trois thèmes ont été sélectionnés pour les listes fermées : les animaux, l'école et la maison. Ces thèmes ont été choisis en fonction des mots obtenus à la suite de la sélection des critères d'inclusion des variables psycholinguistiques. Ils rassemblent des mots fréquents au sein du niveau CP dans la base de données lexicales à l'écrit, Manulex. Le recours à la suppléance mentale y est modéré.

Les listes ouvertes contiennent des mots sans lien les uns avec les autres et ne permettant pas à l'enfant de restreindre le nombre d'images auditives possibles à un thème particulier ou à des items particuliers. Le recours à la suppléance mentale y est donc limité.

Liste désignation n°1			Liste désignation n°2			Liste désignation n°3		
Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique
Listes fermées n° 1 : les animaux			Listes fermées n° 2 : l'école			Listes fermées n° 3 : la maison		
Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique
Listes ouvertes n°1			Listes ouvertes n°2			Listes ouvertes n°3		
Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique

**Figure 1. Présentation des vingt-sept listes de mots classées par catégories**

Le mode de réponse des neuf premières listes s'effectue par désignation sur une planche d'images. Alors, pour éviter un choix par élimination, nous avons décidé d'inclure aux planches d'images cinq distracteurs phonologiques par liste de mots. Ils ont subi le même processus d'inclusion que les mots cibles, à savoir une sélection selon plusieurs variables psycholinguistiques.

### 1.2.2. Variables psycholinguistiques

Les mots à inclure dans les listes de reconnaissance auditive ont été rigoureusement sélectionnés sur Manulex selon quatre variables psycholinguistiques : la fréquence lexicale, la longueur des mots, la catégorie grammaticale et le niveau dans lequel le mot apparaît (cf. Tableau 1).

L'indice de fréquence standard (SFI) a été utilisé pour contrôler la fréquence lexicale car celui-ci propose un indice standardisé et équilibré de la fréquence d'occurrence par million à l'aide d'une transformation logarithmique à partir de la fréquence estimée (U) d'occurrences sur un million de mots (Lété, Sprenger-Charolles, & Colé, 2004). L'ouvrage de Colé et al. (2012) souligne l'importance du langage oral dans le développement du langage écrit, en particulier en ce qui concerne la lecture. En effet, plusieurs études explorées dans cette publication ont démontré que le vocabulaire oral, ainsi que la compréhension orale, sont deux éléments nécessaires au développement des deux voies de lecture. Nous partons alors du postulat que les noms dont la fréquence écrite est élevée sont acquis dans le lexique de l'enfant.

Le nombre de lettres ainsi que le nombre de syllabes ont été utilisés pour contrôler le critère de longueur des mots-cibles. De ce fait, les mots ont pu être répartis dans leurs listes correspondantes : les mots d'une syllabe dans les listes monosyllabiques, ceux de deux syllabes dans les listes bisyllabiques et ceux de trois syllabes dans les listes trisyllabiques. Le paramètre du nombre de lettres a été rajouté à celui du nombre de syllabes en raison du découpage syllabique proposé par l'outil. En effet, l'outil Manulex-infra (Peereman, Lété, & Sprenger-Charolles, 2007) offre une segmentation similaire à celle du langage oral excepté

pour les groupes consonantiques comportant une consonne liquide (« r » ou « l »). Ainsi, les mots monosyllabiques comportant une de ces consonnes sont considérés comme bisyllabiques. Or, quand ce mot est produit à l'oral, il est considéré comme monosyllabique. Par conséquent, le nombre de syllabes écrites seul est insuffisant à l'établissement d'une liste de mots correspondant aux critères d'inclusion explicités dans le Tableau 1.

Le choix de la catégorie grammaticale s'est porté sur les noms communs. En effet, d'un point de vue développemental, les noms sont les mots les plus fréquents dans le lexique de l'enfant et font partie en majorité des premières acquisitions du langage (Bassano, 2005). Ce choix a été appuyé par la décision d'inclure des mots les plus imageables possibles.

La recherche de ces critères a été limitée au niveau CP. En effet, le protocole d'entraînement étant à destination d'enfants de niveau scolaire primaire, il nous semblait pertinent de prendre la référence du niveau CP. Ainsi, si les mots cibles sont considérés comme fréquents au niveau CP, ils seront présents dans le lexique des enfants des niveaux supérieurs, jusqu'au CM2.

**Tableau 1. Variables psycholinguistiques contrôlées lors de l'inclusion des mots aux listes.**

<b>Variabiles psycholinguistiques</b>	<b>Critères d'inclusion</b>	<b>Critères d'exclusion</b>
<b><u>Manulex</u></b>		
<b>Critère de fréquence lexicale</b>	Index de fréquence standard Q2 (34,40) < f ≤ Max (84,96)	Index de fréquence standard f ≥ Q2 (34,40)
<b>Critère de longueur</b>	Nombre de lettres 7 ≤ nblet ≤ 15	Nombre de lettres > 7 et > 15
	Nombre de syllabes 1 ≤ nbsyll ≤ 3	Nombre de syllabes > 3
<b>Catégorie grammaticale</b>	Noms communs	Verbes, adverbes, noms propres, conjonctions, déterminants, prépositions, pronoms
<b>Niveaux</b>	CP	
<b><u>Choix arbitraire</u></b>		
<b>Effet de concrétude</b>	Mots imageables et dont une représentation mentale est possible	Concepts abstraits, actions
<b>Répartition phonémique</b>	Mots balayant un maximum de phonèmes vocaliques	Mots avec des phonèmes vocaliques proches pouvant mener à une confusion

*Note. f : fréquence de la cible ; nblet : nombre de lettres de la cible ; nbsyll : nombre de syllabes de la cible*

Puisqu'il n'existe, à ce jour, aucune base de données lexicale suffisamment importante dans le domaine du langage oral chez l'enfant, deux autres variables psycholinguistiques ont été sélectionnées de manière arbitraire : l'effet de concrétude et la répartition phonémique. En effet, l'article de Dominique Bassano (2005) met en évidence la production, avant 18 mois, de trois catégories de noms : des noms communs inanimés concrets (ex. des noms d'objets, d'aliments, de vêtements, etc.), des noms communs animés concrets (ex. des noms d'animaux, « bébé », « papa », « maman », etc.) et des noms propres animés faisant principalement référence à l'entourage. Ainsi, les noms concrets font partie des premières acquisitions verbales chez l'enfant et sont donc plus accessibles que les noms abstraits. De plus, l'objectif de ce mémoire étant de fournir un outil écologique d'entraînement à la reconnaissance de mots dans le bruit, nous souhaitons pouvoir rendre compte du maximum de caractéristiques fréquentielles des phonèmes pour chaque liste. De là, chaque mot correspondant aux critères d'inclusion des variables contrôlées dans Manulex était ensuite

arbitrairement sélectionné ou exclu suivant sa concrétude et les phonèmes déjà présents dans les mots des listes.

### **1.2.3. Images pour les listes sur désignation**

Le protocole d'entraînement est à destination d'enfants sourds appareillés ou implantés. Du fait de l'âge de la population ciblée, nous avons fait le choix arbitraire d'utiliser un support imagé de type dessin informatique en couleur. Afin d'éviter toute confusion ou ambiguïté, les dessins devaient représenter le mot cible sans arrière-plan, le plus clairement possible avec des traits les plus simples possibles et de manière à ce que les images soient attrayantes pour les enfants. Nous avons ensuite placé les dix images correspondant aux mots cibles et les cinq distracteurs de manière aléatoire sur un document au format A4.

## **2. Élaboration des listes vocales**

### **2.1. Matériel**

L'enregistrement a été effectué dans une cabine insonorisée d'audiométrie des Laboratoires Renard à l'aide d'un microphone Rode VideoMic Pro et d'un enregistreur Zoom H4n. L'intensité de parole a été contrôlée à l'aide de l'application de sonomètre DecibelX et d'un téléphone Samsung de modèle SM-G950F. A la suite de l'enregistrement, un mixage a été effectué avec logiciel Logic Pro X. Puis afin de créer une piste stéréophonique, le logiciel Audacity a été utilisé pour combiner les mots enregistrés et un SSN, téléchargé sur le site du Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon.

### **2.2. Méthodologie**

L'enregistrement des listes verbales nous a permis de maîtriser les différents paramètres vocaux et de proposer un produit uniformisé pour les orthophonistes. Les listes verbales sont administrées en audition seule pour entraîner la condition la plus difficile. Car si celle-ci, malgré la présence de lecture labiale lors de situations quotidiennes (Wu et al., 2018), est réussie, nous présumons que la condition avec lecture labiale et audition le sera également.

#### **2.2.1. Choix des rapports signal/bruit**

Les RSB de ce projet ont été choisis pour être les plus représentatifs des situations d'écoute dans le bruit. Il n'existe cependant pas d'étude explorant de telles situations chez des enfants appareillés ou implantés au quotidien. Nous avons donc pris la référence de l'article de Wu et al. (2018) pour faire notre choix tout en considérant les résultats de l'étude de Dumaurier (1985) relatant de l'exposition sonore des enfants à l'école.

Wu et al. (2018) ont souhaité déterminer la relation entre l'intensité de parole, celle du bruit et le RSB dans des situations de la vie courante auprès d'une population d'adultes de 65 à 80 ans, appareillés présentant une perte auditive moyenne. Leurs résultats soulignent que lorsque l'intensité du bruit augmente de 40 à 74 dB, celle de la parole augmente aussi de 60 à 74 dB et alors, le RSB décroît progressivement de 20 dB à 0 dB. Ainsi, ils notent un plafond à

74 dB au-dessus duquel la parole ne parvient pas à s'élever. De plus, la plupart des situations d'écoute recensées relève une majorité de RSB entre 2 et 14 dB (62,9 % des RSB récoltés) avec un RSB moyen à 8 dB. Seulement 7,5 % des données présentent un RSB nul ou négatif.

Ces données nous indiquent donc une faible fréquence des situations d'écoute dans le bruit avec un RSB à 0 dB. Mais si nous tenons compte de l'étude de Dumaurier (1985), l'intensité maximale de 74 dB est alors dépassée par le niveau d'exposition sonore auquel un enfant est confronté, comme à la cantine ou dans la cour de récréation. L'enfant se retrouve donc dans un cas où le RSB se situe au mieux à 0 dB, au pire dans des valeurs négatives. Il était alors important de fournir aux patients les outils nécessaires à la compréhension dans le bruit en relation avec son quotidien. Pour cette raison, nous avons choisi 3 RSB : un RSB à 0 dB, un RSB à 5dB et un RSB à 10 dB. Les valeurs ont été choisies arbitrairement avec pour les RSB +5 et +10 une volonté de se situer dans l'intervalle 2 – 14 dB relevé par l'étude de Wu et al. (2018). Le RSB 0 a été sélectionné dans un but écologique et fonctionnel pour les enfants (Dumaurier, 1985). Ces valeurs nous permettent également une mesure plus facile quand peu de matériel technique est à disposition.

### **2.2.2. Choix du masque**

Le type de bruit avec l'effet le moins masquant (Sperry, Wiley & Chial, 1997) a été sélectionné dans la mesure où nous proposons le protocole à des enfants. En effet, la littérature n'indique aucune recommandation sur l'éducation à la compréhension dans le bruit chez les enfants présentant une atteinte auditive. Par conséquent, le SSN (Legent et al., 2012) a été choisi pour le protocole d'entraînement. De plus, une étude de Leibold et Buss (2013) a comparé les performances d'identification de phonèmes avec un masque de type SSN entre des adultes (19-34 ans) et des enfants (5-13 ans). Leurs résultats ont indiqué une performance des enfants entre 5 et 10 ans significativement plus faible que celle des adultes. Ils ont également observé des performances similaires aux adultes pour les enfants entre 11 et 13 ans. Il était alors nécessaire d'éviter un masque ayant un effet trop important afin de soulager leur effort auditif et cognitif. Ainsi nous avons écarté l'onde vocale globale et le bruit blanc, le premier étant composé de vallées du bruit levant parfois le démasquage (Hawley et al., 2004), le deuxième pouvant être atténué ou filtré par un réducteur de bruit.

### **2.2.3. Enregistrement vocal**

L'enregistrement s'est effectué en position debout, durant environ trois heures, la bouche placée à 15 cm du microphone. Chaque liste a été enregistrée sur une piste audio. L'enregistreur a été réglé à une fréquence d'échantillonnage de 96 kHz en format 24 bits. La dynamique d'enregistrement a été réglée entre -12 et - 18 dBFS (Full Scale) en moyenne avec des crêtes à -6 dBFS afin d'éviter la saturation du son et d'avoir un son de qualité à la sortie. Afin de contrôler l'intensité vocale de l'enregistrement, nous avons utilisé une application de sonomètre qui devait afficher une valeur entre 58 et 68 dB lors de la production d'un mot. En effet, l'article de Wu et al. (2018) retrouve au quotidien une intensité moyenne de parole à 62,8 dB dans le silence et 67,9 dB dans un environnement bruyant. Puisqu'il existe des variations inter-individuelles et dépendantes de l'intensité de chaque mot, nous souhaitons établir un intervalle assez large pour couvrir les valeurs moyennes et avoir une marge

suffisante (ex. les consonnes fricatives qui sont moins énergiques). Le débit de parole a été adapté afin de correspondre à celui des audiométries vocales pour que l'enfant puisse avoir le temps d'entendre le maximum d'indices phonémiques (pas de bradylalie ni de tachylalie).

#### 2.2.4. Élaboration des pistes audio

Un premier traitement des pistes audio a été effectué sur le logiciel Logic Pro X : une égalisation du son pour le rendre plus agréable et l'utilisation d'un débruiteur (denoiser) pour les transitions entre le silence et la parole. Après récupération de toutes les pistes d'enregistrements, nous avons ajouté la piste de SSN à la piste vocale grâce au logiciel Audacity et effectué quelques arrangements. Tout d'abord, la piste vocale a été ouverte dans le logiciel puis nous y avons ajouté le SSN (cf. Figure 2). Nous avons pris la décision d'annoncer le nom de la liste en début de piste vocale pour donner un repère au rééducateur et éviter la diffusion accidentelle d'une autre liste, qui pourrait induire un effet d'entraînement. Par conséquent le SSN n'est pas diffusé sur cette partie de la piste : il a été décalé pour commencer à l'énonciation du premier mot de la liste.

Ensuite, nous avons sélectionné une plage d'une durée de 500 millisecondes (ms) avant et 500 ms après chaque mot. Celles-ci nous ont servi de repères pour créer les fondus. Ainsi, à partir de ces repères, nous avons sélectionné 1 seconde (s) de fondu en ouverture permettant une augmentation croissante du silence vers l'intensité maximale de la piste du SSN. La même opération a, par la suite, été effectuée en utilisant le repère 500 ms après le mot pour créer un fondu en fermeture d'une durée de 1 s. En effet, nous ne souhaitons pas que le bruit de fond soit présent durant toute la diffusion de la liste afin de prévenir une éventuelle fatigabilité qui perturberait les capacités du patient. En outre, les fondus ne devaient pas se terminer immédiatement au début des mots ou débiter immédiatement à la fin de ceux-ci. De fait, ils ne devaient pas avoir d'incidence sur l'intensité du bruit de fond lors de la diffusion du mot afin que le démasquage soit stable sur l'intégralité du mot. Puis, dans le but de laisser un temps de réponse suffisant à l'enfant, nous avons décidé d'établir un silence de 5 s entre chaque mot et son bruit de fond. Nous avons alors appliqué 5 s entre la fin du fondu en fermeture du mot précédent et le début du fondu en fermeture du mot suivant (cf. Figure 3).



Figure 3. Silence entre un mot et le mot suivant dans le logiciel Audacity

Par la suite, nous avons mis en place les RSB sur les différentes listes, à savoir trois RSB par liste. Pour ce faire, nous avons modifié le paramètre de gain (en dB) sur la piste du SSN dans le logiciel Audacity : nous l'avons baissé à -5dB pour le RSB + 5 et à -10dB pour le RSB +10. Ce faisant, le signal de parole était diffusé respectivement avec une intensité de 5 et 10 dB au-dessus du SSN. Le RSB +0 n'a nécessité aucune modification des pistes. Baisser le

gain sur le SSN au lieu de l'augmenter sur le signal de parole nous a permis d'éviter une saturation du signal de parole.

Aussi, pour permettre aux orthophonistes de disposer les enceintes en fonction de leur patient et d'utiliser l'effet *squelch* et de **sommation** (Hawley et al., 2004 ; Mosnier, 2013) pour faciliter le démasquage, nous avons créé une piste stéréophonique. C'est pourquoi nous avons modifié le paramètre panoramique en plaçant la diffusion de la piste contenant les mots à droite et celle de la piste du SSN à gauche. Par ailleurs, l'étude de Walden, Surr, Cord, & Dyrland (2004) a permis de catégoriser les différents environnements d'écoute chez des adultes présentant un appareillage auditif. Ils ont alors mis en évidence que les situations de démasquage de la parole dans un environnement bruyant les plus fréquentes étaient celles où le signal de parole venait d'en face et où le bruit de fond ne provenait que d'autres directions. Enfin, nous avons exporté le fichier Audacity en format .wav pour qu'il puisse être lu par n'importe quel lecteur multimédia et nous avons nommé et numéroté toutes les pistes. La durée totale de cette étape a été d'environ douze heures.

### **3. Élaboration de l'épreuve d'évaluation**

#### **3.1. Matériel**

Les listes 1 et 2 de Lafon pour enfants avec une voix masculine ont servi de support à l'élaboration de l'épreuve de compréhension dans le silence et dans le bruit, ainsi qu'un imagier en noir et blanc pour l'épreuve de désignation. Le logiciel Audacity a été utilisé pour l'épreuve de compréhension dans le bruit.

#### **3.2. Méthodologie**

L'épreuve d'évaluation permettra d'objectiver l'efficacité du protocole et interviendra avant et après l'entraînement. Elle comporte trois épreuves : une épreuve de compréhension dans le silence, une épreuve de compréhension dans le bruit et une épreuve de dénomination.

##### **3.2.1. Listes audiométrie vocale dans le silence et dans le bruit**

L'épreuve de compréhension dans le silence consiste en la répétition par l'enfant de la liste 1 de Lafon pour enfants, comprenant dix items. Elle a été sélectionnée pour apprécier les capacités auditives du patient dans le silence avant de les tester dans le bruit. En effet, si le patient présente des difficultés de compréhension dans le silence, nous pouvons supposer qu'il en présente également dans le bruit. L'épreuve de compréhension dans le bruit consiste en la répétition par l'enfant de la liste 2 de Lafon pour enfants, comprenant dix items, avec un SSN en bruit de fond. Elle a été choisie dans le but de vérifier l'efficacité du protocole d'entraînement et ainsi objectiver des progrès ou l'absence de progrès. Nous avons préféré un RSB de 10 dB, soit la parole d'une intensité de 10 dB supérieure au bruit de fond.

### **3.2.2. Dénomination**

Quinze items ont été sélectionnés arbitrairement et comportent des mots d'une fréquence suffisante pour que l'enfant les connaisse, des mots d'une faible fréquence ainsi que des mots absents de Manulex. L'objectif de ces choix était de construire une épreuve ne devant pas évoluer durant l'entraînement sans pour autant décourager le patient. Ainsi l'enfant réussira quelques items (théoriquement les plus fréquents) et ne pourra répondre à d'autres. Ceci devrait produire un résultat faible à cette épreuve sans évolution après l'entraînement.

## **4. Création du protocole de soin**

### **4.1. Matériel**

Le matériel a été créé à l'aide du logiciel de traitement de texte Word, d'une imprimante, d'une plastifieuse et d'une relieuse. Des clés USB ont également servi de support aux documents informatiques. La vidéo a été enregistrée à l'aide d'une caméra Canon EOS 600D, d'un enregistreur Zoom H4n, d'un microphone Rode NTG2 fixé au bout d'une perche. La prise de lumière s'est faite grâce à deux panneaux Aperture LED H198C et un panneau Aperture LED ALF7 avec un parapluie de diffusion pour rendre la lumière plus douce. Le logiciel DaVinci Resolve 15 a été utilisé pour le montage de la vidéo. Un forum d'échange a été créé à l'aide du site forumactif.com.

### **4.2. Méthodologie**

Le protocole de rééducation comporte un total de onze séances, dont neuf séances d'entraînement et deux séances d'évaluation. Afin de suivre au mieux le protocole et de reporter les résultats, nous avons élaboré des outils à destination des orthophonistes : un prévisionnel de séances, une fiche de renseignements minimaux, des fiches séance par séance, une vidéo de présentation et une notice explicative.

#### **4.2.1. Facilitation cognitive et facilitation perceptive**

Dans l'objectif d'évaluer quel type de progression était la plus efficace, nous avons décidé d'établir deux progressions facilitant chacune un aspect du démasquage de la parole dans le bruit : une facilitation cognitive et une facilitation perceptive. La facilitation cognitive concerne la rapidité d'accès au mot cible et la quantité de suppléance mentale mobilisée lors de l'entraînement (plus les mots sont catégorisés, plus celle-ci est accessible et aidante). La facilitation perceptive met en jeu une progression auditive dans la rapidité de démasquage en se basant sur un rapport plus ou moins grand entre la parole et le bruit de fond.

#### **4.2.2. Prévisionnel de séances**

Comme le protocole a pour vocation d'être distribué directement aux professionnels, un outil a été créé pour leur permettre d'avoir un visuel rapide de leur progression. Ainsi toutes les séances détaillées ont été répertoriées sur un seul document. Nous y avons inséré le nom et numéro des séances, le détail des listes à entraîner pour la séance concernée, le RSB

correspondant, le type de bruit utilisé, le numéro de la piste, la date de la séance et les résultats de la séance.

#### **4.2.3. Fiches séance**

Onze fiches séance ont été développées pour un suivi plus précis du protocole d'entraînement. Elles résument les détails de la séance concernée (numéro de piste audio, de la liste, RSB correspondant, type de bruit) et proposent un espace où noter les résultats ainsi qu'un espace pour les remarques de l'orthophoniste. Dans l'objectif de prendre en compte la dimension qualitative des résultats des patients, il nous semblait en effet important de déterminer si une rediffusion du mot permettait la levée du masque en obtenant une réponse correcte de l'enfant. Nous avons alors ajouté au document un espace où le professionnel pourra noter les premières productions de l'enfant ainsi que celles après rediffusion du mot. De plus, un sonomètre (DecibelX) avec report des données de moyenne et de maximum est demandé aux orthophonistes. Cela nous permet de surveiller les différences techniques entre les orthophonistes et d'observer un éventuel effet du matériel sur les résultats des enfants.

#### **4.2.4. Notice, fiche de renseignements et consentement**

Nous avons élaboré une notice du matériel avec le détail du contenu, l'adresse internet du forum, les consignes concernant le sonomètre ainsi que des informations détaillées concernant l'aspect pratique de la passation du protocole d'entraînement. De plus, nous avons pris la décision de proposer une fiche de renseignements minimaux comportant des informations ne permettant pas d'identifier l'enfant mais nous apportant assez d'éléments pour comparer les différences inter-individuelles. Nous avons également créé une fiche de consentement à proposer aux parents ainsi qu'une fiche à présenter aux enfants participant à l'étude traitant toutes deux des objectifs de notre recherche.

#### **4.2.5. Clé USB et vidéo de présentation**

Nous avons réalisé une vidéo de présentation du matériel pour lever l'aspect impersonnel du protocole d'entraînement et permettre aux orthophonistes d'avoir une explication orale des consignes et du contenu. Elle a été filmée dans le bureau d'une orthophoniste à Hellemmes. Nous avons rédigé un script expliquant les consignes et le contenu du protocole. Puis la vidéo a été montée, les pistes audio et vidéo ont été synchronisées et mixées. Enfin, un étalonnage a été effectué pour corriger les paramètres de lumière. Dix à douze heures ont été nécessaires pour la réalisation et le montage. Puis nous avons transféré sur la clé USB l'ensemble des fiches séance sous format numérique. Nous y avons également inséré la notice, la fiche de renseignements, les fiches de consentement, le prévisionnel de séances, la vidéo de présentation ainsi qu'une présentation brève du mémoire et de ses objectifs. L'ensemble des pistes audio numérotées et nommées y a aussi été copié.

## 4.2.6. Contenu du porte-document

Nous souhaitons que les participants orthophonistes puissent avoir un matériel finalisé et concret à manipuler. Ainsi, nous avons rassemblé la notice, le tableau récapitulatif des listes de mots et de distracteurs ainsi que les planches d'images dans un dossier « orthophoniste ». Puis nous avons groupé le prévisionnel de séances et les fiches séance en un dossier « patient ». Enfin nous avons créé un carnet d'images pour l'épreuve de dénomination. Le protocole final a alors été imprimé, relié et plastifié puis rangé dans un porte-document.

## Résultats

### 1. Listes verbales

Suite à la recherche de mots cibles en respectant les critères d'inclusion et d'exclusion, nous avons produit un tableau récapitulatif des mots classés en listes, soit un total de 270 mots avec 10 mots par liste (cf. Tableau 2). Les distracteurs ont également été représentés dans un tableau, dont la numérotation correspond à celle des listes de désignation, ils sont au nombre de cinq par liste (cf. Tableau 3).

**Tableau 2. Tableaux récapitulatifs des mots ordonnés en listes par catégories et sous-catégories**

Liste désignation n°1			Liste désignation n°2			Liste désignation n°3		
Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique
Train	Orange	Allumettes	Arbre	Château	Abricot	Bras	Sirène	Ananas
Puits	Maison	Domino	Bouche	Sapin	Champignon	Lune	Forêt	Pantalon
Bois	Voiture	Oreiller	Nid	Fromage	Coquillage	Ailes	Bougie	Chocolat
Mouche	Bateau	Arc-en-ciel	Feu	Lunettes	Balancoire	Tour	Avion	Ecureuil
Jambe	Soleil	Artichaut	Os	Miroir	Caramel	Pain	Noisettes	Cerf-volant
Arc	Dragon	Téléphone	Bombe	Poupée	Xylophone	Dent	Moto	Marguerite
Cœur	Ampoule	Parapluie	Tente	Cerise	Otarie	Seau	Valise	Aquarium
Plume	Bébé	Confettis	Main	Horloge	Nénuphar	Ongle	Brouette	Parasol
Feuille	Fenêtre	Labyrinthe	Peigne	Ballon	Coquelicot	Billes	Requin	Coccinelle
Lit	Nuage	Perroquet	Bulles	Serpent	Chevalier	Mur	Chaussures	Arrosoir

Listes fermées n° 1 : les animaux			Listes fermées n°2 : l'école			Listes fermées n°3 : la maison		
Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique
Chat	Renard	Éléphant	Gomme	Cahier	Tablier	Four	Volet	Lavabo
Aigle	Souris	Hérisson	Cour	Bureau	Camarade	Bol	Couteau	Escalier
Lion	Cheval	Crocodile	Cloche	Cartable	Toboggan	Verre	Salon	Radiateurs
Ours	Poisson	Araignée	Trousse	Stylo	Poésie	Linge	Fourchette	Dentifrice
Renne	Girafe	Hirondelle	Table	Lecture	Punition	Sel	Frigo	Micro-ondes
Poule	Agneau	Kangourou	Craie	Pinceau	Coloriage	Nappe	Toilette	Canapé
Tigre	Lapin	Escargot	Règle	Dictée	Maternelle	Douche	Jardin	Etagère
Singe	Grenouille	Chauve-souris	Maitre	Tableau	Garderie	Plantes	Rideau	Saladier
Zèbre	Cochon	Papillon	Classe	Cantine	Ecolier	Niche	Balai	Cuisinière
Ane	Abeille	Chimpanzé	Livre	Goûter	Addition	Chaise	Garage	Cheminée

Listes ouvertes n°1			Listes ouvertes n°2			Listes ouvertes n°3		
Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique
Ceil	Oiseau	Caméra	Toit	Oreille	Carnaval	Pelle	Camion	Hamburger
Bec	Piscine	Brocoli	Pile	Casquette	Ambulance	Robe	Râteau	Déguisement
Tasse	Savon	Alphabet	Œuf	Gâteau	Tabouret	Fille	Chaussette	Confiture
Pipe	Canard	Univers	Carte	Patins	Pyjama	Noix	Coussin	Salopette
Banc	Épée	Caravane	Brosse	Violon	Tournevis	Vent	Armoire	Capitaine
Voile	Docteur	Boulangier	Pied	Carottes	Libellule	Trou	Semoule	Chapiteau
Sucre	Tortue	Hôpital	Champ	Limace	Restaurant	Bleu	Corbeau	Pharmacie
Pomme	Chenille	Haricot	Neige	Tissu	Cinéma	Page	Statue	Dromadaire
Vert	Palmier	Thermomètre	Choux	Piano	Chronomètre	Brique	Panda	Cacahuète
Rouge	Salade	Camembert	Beurre	Bonbons	Croque-monsieur	Coq	Sifflet	Parachute

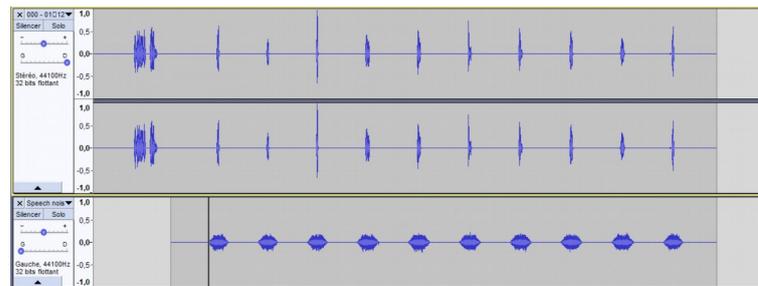
**Tableau 3. Tableau récapitulatif des distracteurs de listes de désignation**

Distracteurs n°1			Distracteurs n°2			Distracteurs n°3		
Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique	Monosyllabique	Bisyllabique	Trisyllabique
Biche	Chapeau	Magicien	Balle	Cadeau	Maquillage	Dos	Vélo	Epinards
Crabe	Bouton	Pissenlit	Bottes	Guitare	Natation	Flèches	Baleine	Koala
Gant	Marron	Pistolet	Goutte	Bonnet	Ouistiti	Frites	Dessin	Tournesol
Flûte	Planète	Pyramide	Gris	Melon	Cornichon	Cube	Evier	Carapace
Fil	Fusée	Cerisier	Queue	Raquette	Dinosaure	Loup	Pingouin	Grands-parents

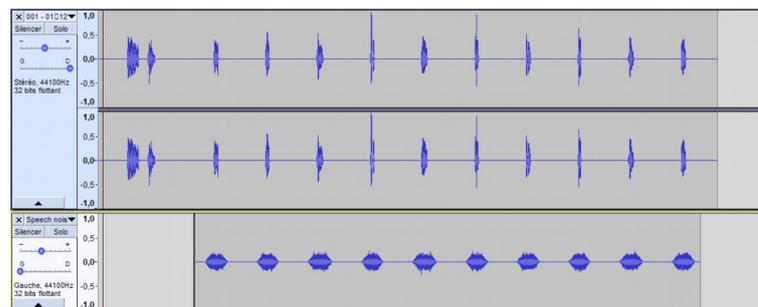
Les fréquences des mots ont été répertoriées dans un fichier Microsoft Excel avec une case grisée si celui-ci n'apparaissait pas dans l'outil Manulex (cf. Annexe 3). Neuf planches d'images ont été créées, correspondant aux neuf listes en désignation. Elles contiennent les dix mots imagés des listes ainsi que les cinq distracteurs associés à ces listes (cf. Annexe 4).

## 2. Listes vocales

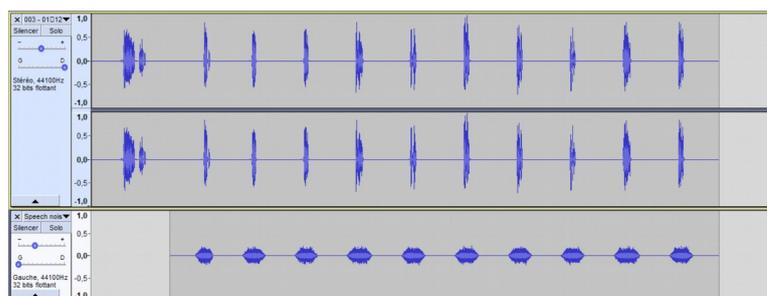
Vingt-neuf pistes ont été élaborées à la suite du traitement sur le logiciel Audacity. Deux pistes correspondent à l'épreuve d'évaluation (épreuves dans le silence et dans le bruit). Un exemple du travail effectué sur Audacity est illustré dans les Figures 5, 6 et 7.



**Figure 5. Illustration de la liste monosyllabique sur désignation n°1 avec un RSB à +0**



**Figure 6. Illustration de la liste bisyllabique sur désignation n°1 avec un RSB à +5**



**Figure 7. Illustration de la liste trisyllabique sur désignation n°1 avec un RSB à +10**

### **3. Épreuve d'évaluation**

L'épreuve d'évaluation est proposée à la première ainsi qu'à la dernière séance afin d'apprécier l'évolution du patient. Elle comporte dix items pour la liste 1 de Lafon pour l'épreuve de compréhension dans le silence, dix items pour la liste 2 pour celle dans le bruit et quinze items pour l'épreuve de dénomination. L'épreuve d'évaluation est détaillée en Annexe 7 avec le détail de la fiche séance d'évaluation. Le détail des fréquences des mots choisis et les images utilisées pour l'épreuve de dénomination se situent en Annexe 5.

### **4. Protocole de soin**

#### **4.1. Prévisionnel de séances**

Deux prévisionnels de séances ont été créés (cf. Annexe 6) : un pour le groupe « facilitation cognitive » et un pour le groupe « facilitation perceptive ». La facilitation cognitive présente une progression dans les catégories lexicales : les premières séances s'effectuent avec les listes sur désignation puis viennent les listes fermées et enfin les listes ouvertes. La facilitation perceptive présente une progression auditive : les listes avec un RSB à +10 dB sont proposées pour les premières séances en ordre de facilité d'accès lexical (désignation puis liste fermée puis liste ouverte) puis nous retrouvons celles avec un RSB à +5 dB puis celles avec un RSB de 0 dB.

#### **4.2. Fiches séance**

Chaque fiche comporte le numéro attribué au patient, le numéro de la séance, la date de la séance, le matériel, la durée de la séance, les résultats de la séance, un espace pour des remarques qualitatives et des notes sur le matériel, ainsi que la liste des mots de chaque séance avec un espace pour noter les productions de l'enfant et un espace pour une éventuelle rediffusion du mot (cf. Annexe 7). Au sein de la fiche séance nous avons précisé le matériel nécessaire pour la séance concernée : les numéros des pistes audio à entraîner pendant la séance, les décibels notés au sonomètre (moyenne et maximum), le RSB de la séance, le type de bruit et enfin le numéro et l'intitulé de la liste. Des fiches séance pour l'évaluation ont été créées (cf. Annexe 8).

#### **4.3. Notice, fiche de renseignements et consentements**

La notice (cf. Annexe 9) aborde les particularités des pistes audio (stéréo et placement des enceintes), les fiches de consentement, les fiches de renseignements, l'évaluation et l'entraînement. Elle précise également les paramètres de réglage du sonomètre ainsi que l'adresse du forum d'échange (<http://memoiresurdite.forumactif.com/>).

La fiche de renseignements minimaux comporte des questions sur le sexe du patient, le numéro qui lui a été attribué, son âge en années et en mois, son niveau scolaire, le type de son appareillage (IC ou AAC), la présence d'un réducteur de bruit, la durée de l'appareillage et la durée du suivi orthophonique (cf. Annexe 9).

Les fiches de consentement à destination des parents détaillent les objectifs de la recherche et ce que l'on propose à leur enfant afin qu'ils puissent formuler un accord ou désaccord le plus éclairé possible. Celles qui sont à destination des enfants leur expliquent ce que l'on va leur proposer et ce que l'on attend d'eux afin qu'ils s'impliquent au mieux, s'ils l'acceptent, dans l'objectif thérapeutique du protocole d'entraînement (cf. Annexe 10).

#### **4.4. Contenu du porte-documents**

Le matériel qu'obtiendront les orthophonistes participant au projet d'étude contiendra un « dossier orthophoniste », un dossier « patient », une clé USB et un carnet d'images pour l'épreuve de dénomination. Le dossier orthophoniste comporte la notice d'utilisation, le tableau récapitulatif des listes de mots et des distracteurs et les planches d'images. Le dossier patient comporte un prévisionnel de séances et des fiches séance. Le script de la vidéo de présentation contenue dans la clé USB est disponible en Annexe 11.

## **Discussion**

### **1. Rappel des résultats**

L'objectif de ce mémoire était de fournir un matériel proposant un programme d'entraînement au démasquage de la parole dans le bruit ainsi qu'une évaluation avant et après le protocole afin d'en vérifier l'efficacité. Nous avons alors créé un matériel complet à destination d'orthophonistes prenant en charge des enfants sourds appareillés ou implantés. Les résultats obtenus soulignent la nécessité d'une base de données de langage oral, plus pertinente pour l'élaboration des listes de mots. De plus, trop peu d'attention a été accordée à l'épreuve d'évaluation qui aurait dû explorer plus finement les mécanismes déficitaires de la compétence de démasquage. Enfin, une nouvelle version pourrait être proposée après une expérimentation afin d'apporter des éléments nouveaux ou de préciser des éléments développés ici. Cette réflexion met en évidence les améliorations possibles et les limites du présent travail, tant au niveau de la méthodologie du projet que de son application clinique. Ainsi nous présenterons les éléments pratiques et théoriques étayant cette recherche, puis nous aborderons les limites et difficultés rencontrées tout au long de ce projet et enfin nous tenterons de dégager les implications cliniques ainsi que les perspectives de ce travail.

### **2. Intérêts et limites méthodologiques**

#### **2.1. Population cible**

La population cible (enfants appareillés ou implantés) n'a pas fait l'objet de distinction entre les différents types d'appareillages ni les âges des patients. En effet, l'efficacité de l'entraînement s'évalue par la comparaison entre les scores du test pré-entraînement et ceux du test post-entraînement. Ainsi nous comparons l'enfant à lui-même. La significativité des

résultats pourra s'établir au cas par cas. Cependant, si nous souhaitons comparer l'efficacité des groupes de facilitation cognitive et ceux de facilitation perceptive, dans le but de déterminer la progression la plus bénéfique, certains ajustements devraient être effectués. Il faudrait alors apparier les groupes en tenant compte du type d'appareillage, de la date d'appareillage, de la durée du suivi, etc. Le nombre de variables inter-individuelles est important, ainsi certaines caractéristiques devront être priorisées à l'aide d'un appui théorique, afin d'équilibrer les deux groupes d'entraînement.

## **2.2. Listes verbales**

### **2.2.1. Limites méthodologiques**

Tout d'abord, dès la création des listes verbales, nous avons dû faire face à un manque théorique majeur : il n'existe pas, à ce jour, de base de données suffisamment importante de langage oral chez les enfants. Dès lors, la quantité de mots sélectionnés dans cette étude induit un premier biais. Tous les mots viennent en effet d'une base de données de langage écrit. Et malgré notre choix de mots les plus fréquents, cela ne signifie pas que tous les mots cibles sont présents dans le lexique de l'enfant. Cependant, nous souhaitons que l'enfant puisse avoir accès à la suppléance mentale pour la répétition étant donné que le matériel verbal est constitué de mots. Il pourrait alors être pertinent de proposer un questionnaire aux parents des enfants participants afin de vérifier la présence de nos mots dans leur lexique. Par ailleurs une base de données en langage oral pourrait être élaborée, cependant un tel projet nécessite une méthodologie extrêmement rigoureuse et implique un grand nombre de variations inter-individuelles (ex. environnement, niveau socio-culturel, région de résidence, etc.).

Ensuite, notre choix méthodologique d'avoir trois listes monosyllabiques, trois bisyllabiques et trois trisyllabiques dans chacune des catégories (listes sur désignation, listes fermées et listes ouvertes) nous a imposé la sélection de mots parfois peu fréquents. En effet, la majorité des mots les plus fréquents sont constitués d'une ou de deux syllabes et lors de la sélection, nous avons dû abaisser notre limite de fréquence pour trouver assez de mots trisyllabiques. Ainsi des mots comme « chimpanzé » (SFI : 34,73) ou « dromadaire » (SFI : 37,27) présente un SFI inférieur ou égal au premier quartile pour le niveau CP. De surcroît nous avons dû sélectionner arbitrairement quatre mots cibles (« libellule », « coloriage », « brocoli » et « micro-ondes ») et un distracteur des listes sur désignation (« dinosaure ») qui n'apparaissaient pas dans l'outil Manulex. Cette décision a été guidée par la volonté d'avoir dix items dans chaque liste pour obtenir un résultat suffisant pour une analyse ultérieure.

Enfin, la répartition phonémique des mots dans les listes a été effectuée arbitrairement. Ce parti pris de privilégier l'indice de fréquence d'occurrence des mots plutôt que d'équilibrer phonétiquement les listes peut être contesté, en particulier puisqu'il s'agit de démasquage de la parole dans le bruit. En effet, la plupart des listes d'audiométrie vocale sont phonétiquement équilibrées. Cependant, les listes pour enfants de J.-C. Lafon ne sont qu'au nombre de dix. Or nous souhaitons entraîner vingt-sept listes de dix mots chacune, nous avons donc préféré prioriser la fréquence des mots cibles. Un algorithme pour la répartition fréquentielle des phonèmes pourrait alors être utilisé pour équilibrer au mieux ces listes en tenant compte du phénomène de co-articulation.

### **2.2.2. Intérêt du choix de l'outil et du matériel verbal**

Comme nous l'avons évoqué, aucune base de données de langage oral n'est assez importante à ce jour pour être utilisée comme ressource pour notre matériel. Cependant, notre choix de l'outil Manulex n'est pas entièrement arbitraire. En effet, une étude met en avant le lien entre le langage oral et le langage écrit (Colé et al., 2012): il y a un effet important des capacités en compréhension orale et du vocabulaire oral sur les mécanismes d'apprentissage de la lecture ainsi que sur la compréhension de l'écrit. Cet article précise ainsi : « Ces faits nous rappellent que l'écrit a pour fonction première de permettre une trace pérenne de l'oral. En ce sens, la langue écrite est un codage second de la langue orale. » (Colé et al., 2012, p.16). Nous nous sommes donc appuyée sur la littérature pour orienter notre décision.

Ensuite, le type de matériel verbal employé émane des pratiques usuelles en audiométrie vocale (Legent et al., 2012). De plus, nous souhaitons fournir aux patients concernés des outils leur permettant d'être les plus performants possible lors de situations de vie courante. Bien que l'étude de Wu et al. (2018) mette en avant la prépondérance de phrases lors de la vie courante, nous avons présumé que si l'enfant obtenait des scores satisfaisants avec des mots, il réussirait plus facilement avec des phrases lui apportant un contexte sémantique plus important (Dupont & Lejeune ; 2018). Enfin, le choix de phrases comme matériel verbal mettrait en jeu la mémoire de travail et nécessiterait une vitesse de traitement suffisante à la bonne répétition de ces phrases. Il serait alors ardu de distinguer les réelles capacités auditives de l'enfant de l'efficacité de sa mémoire de travail ou de sa vitesse de traitement.

## **2.3. Listes vocales**

### **2.3.1. Limites et appui théorique du masque sélectionné**

A l'origine, le protocole comptait deux bruits de fond : un SSN et un bruit de cantine. Cependant, nous avons dans l'idée de proposer une expérimentation et, avec le bruit de cantine, le matériel comptait dix-huit séances, cela demande une forte implication dans la durée de la part des orthophonistes mais également une longue attente des résultats. De plus, les enregistrements ont dû être repris plusieurs fois pour diverses raisons (ex. débit de parole, environnement d'enregistrement, etc.). Ainsi l'aboutissement du protocole a été retardé et les délais d'expérimentation selon deux bruits de fond étaient trop importants.

Le bruit de fond choisi pour l'étude peut s'avérer inadapté si le patient réussit trop facilement l'épreuve d'évaluation. De plus, la source où notre SSN a été sélectionné n'est actuellement plus disponible, ce qui signifie qu'il peut ne plus être utilisable. Un SSN peut être créé à partir d'un signal de parole. Ainsi pour notre étude, il faudrait proposer trois bruits de fond de difficulté croissante en tenant compte du nombre de locuteurs, du contenu sémantique parasite et du fait que ce soit de la parole humaine. L'étude de Sperry et al. (1997) a exploré cette piste dans le but de déterminer quel bruit de fond était le plus masquant. Leurs résultats indiquent que le SSN créé à partir d'un corpus de six locuteurs, puis traité afin de n'en maintenir que l'enveloppe spectrale et temporelle, constitue le bruit de fond le moins masquant. Une expérimentation du protocole permettrait donc de déterminer si le masque est adapté à un entraînement écologique ou non.

Néanmoins, nous avons retenu la condition avec le SSN en bruit de fond car c'est un son calibré qui induit un minimum de creux dans lesquels la compréhension serait améliorée (Legent et al., 2012). Le bruit de cantine comporte des bruits de casseroles suivis par des silences ou des sons moins intenses. Par conséquent l'effet d'écoute dans les vallées du bruit serait facilitateur et lèverait temporairement la difficulté de démasquage. Ainsi, l'enfant se servirait des avantages à sa disposition lors de l'entraînement avec le bruit de cantine. En revanche, il pourrait se trouver en difficulté s'il fait face à un son avec des enveloppes spectrale et temporelle similaires au SSN auxquelles pourraient s'ajouter les STF présentes dans la parole ainsi qu'un contenu sémantique parasite, comme un bruit de cocktail-party.

### **2.3.2. Limites techniques des listes vocales**

Les paramètres d'intensité pourraient être mesurés avec plus de précision à l'aide d'un sonomètre par exemple. Ainsi les listes vocales seraient enregistrées sur le même matériel que celui qui sera destiné à l'expérimentation. En outre, le matériel audio devrait être optimisé afin de maîtriser les finesses des mécanismes de démasquage de la parole. Cela permettrait d'expérimenter plusieurs configurations (ex. bruit et parole de face, bruit derrière et parole devant, etc.) et de préciser quelle condition d'entraînement est la plus efficace, s'il y en a une. Par exemple, la gestion du paramètre de localisation spatiale pourrait préciser s'il est plus efficace d'entraîner la séparation des sources de bruit et de parole ou leur fusion.

## **2.4. Épreuves d'évaluation**

Le nombre d'items semble insuffisant pour l'analyse des résultats d'une expérimentation. De plus, les listes utilisées sont des listes d'audiométrie vocale auxquelles l'enfant a pu être confronté lors de ses réglages. Ceci peut alors induire un effet d'apprentissage, soit parce que l'enfant les a déjà entendues, soit parce qu'il les a rencontrées dans notre protocole. Dans ce cas, les résultats de l'enfant à l'audiométrie vocale seraient biaisés. De surcroît, Schelstraete (2011) indique dans son ouvrage l'utilisation fréquente de tests d'évaluation trop globaux et avec trop peu d'items, ce qui ne permet pas une évaluation précise et adaptée des progrès du patient. En ce sens, la solution pourrait être de créer une épreuve étalonnée d'évaluation du démasquage de la parole dans le bruit comportant plus d'items et permettant une analyse plus fine des compétences de démasquage de l'enfant.

## **3. Intérêts et limites de l'expérimentation**

Afin d'apprécier l'efficacité du protocole et ainsi apporter à ce mémoire des pistes d'améliorations, nous avons envoyé le protocole à plusieurs orthophonistes. Les patients pouvant être inclus à cette expérimentation devaient avoir entre cinq et douze ans, scolarisés entre le CP, inclus, et le CM2, inclus. Ils devaient également présenter une surdité (tous types et tous degrés acceptés) appareillée ou implantée. De plus, ils devaient être suivis par un ou une orthophoniste et avoir bénéficié d'une éducation auditive permettant une compréhension dans le silence suffisante pour débiter un entraînement à la compréhension dans le bruit. Enfin, le patient ne devait présenter de trouble phonologique ni en production ni en réception.

En effet, l'interprétation des résultats pourrait en être perturbée : si l'enfant répond [ku] pour le mot « cour », il nous serait difficile de différencier le trouble phonologique d'une perception erronée du mot. Nous avons alors reçu les résultats de quatre orthophonistes et leurs remarques sur le matériel ou les conditions de passation.

### **3.1. Limites de l'expérimentation**

Tous les patients présentaient en évaluation un score élevé dans le silence mais également dans le bruit. Nous avons donc un effet plafond dès l'évaluation du patient, qui s'est confirmé pour la plupart avec des scores élevés lors des séances d'entraînement (environ 25/30 à chaque séance). Il était alors difficile de déterminer l'efficacité de l'entraînement. Les raisons de cet effet plafond peuvent être nombreuses : l'utilisation de listes d'audiométrie vocale (ex. l'enfant a pu y être confronté, ce qui a créé un effet d'apprentissage), un entraînement spécifique à la compréhension dans le bruit déjà effectué, un RSB trop faible, un bruit trop peu masquant ou encore un matériel inadapté (ex. enceintes, ordinateur, etc.). Tous ces éléments soulignent la présence de nombreux biais dans l'étude. Certains de ces biais peuvent cependant être gérés par l'amélioration de la technique de création et l'uniformisation de l'expérimentation. Les critères d'inclusion et d'exclusion à l'expérimentation pourraient également être précisés, cela permettrait de mieux gérer les variations inter-individuelles. Par exemple, un travail spécifique de la compréhension dans le bruit en rééducation pourrait constituer un critère d'exclusion. Enfin, nous avons proposé une progression de séance débutant par la diffusion des mots monosyllabiques puis en continuant avec celle des bisyllabiques pour terminer avec les trisyllabiques. Ce choix est arbitraire et nous l'avons fait dans le but de présenter les mots les plus difficiles à identifier en début de séance, où il nous semblait que la disponibilité cognitive était la plus importante. Cette décision est discutable étant donné l'objectif de ce matériel qui est d'entraîner une compétence. Et, en ce sens, débiter par ce qui semble plus facile à identifier pour l'enfant peut lui permettre d'avoir une réelle progression en allant du plus facile au plus ardu. En outre, les mots trisyllabiques sont plus facilitateurs car ils fournissent à l'enfant un plus grand nombre d'indices phonémiques pour l'identification et font plus facilement intervenir la suppléance mentale car l'enfant restreint le nombre de mots possibles au fur et à mesure de l'énonciation du mot.

### **3.2. Qualité de l'expérimentation**

Le protocole a été envoyé à des orthophonistes souhaitant participer à notre projet. Elles ont ainsi proposé cet entraînement dans le cadre du soin courant, lors de leurs séances avec le patient concerné. Le temps d'intervention relatif à notre projet était d'une dizaine de minutes, ce qui permet aux professionnels de proposer un autre axe de travail pour le reste de la séance et ainsi perturbe peu les objectifs thérapeutiques en cours. Ensuite, l'expérimentation a permis d'effectuer un premier test du matériel, et donc de mettre en évidence les forces et les faiblesses de notre travail. Cela favorise la poursuite d'un projet de ce type. De plus, le matériel leur a été fourni en intégralité : nous avons préparé pour chaque orthophoniste un dossier « orthophoniste », un livret contenant les images pour l'épreuve de dénomination, une clé USB avec 4 Go d'espace de stockage et autant de dossiers « patient » que les

professionnels pensaient inclure à l'étude. Puis les protocoles étaient envoyés par voie postale à l'adresse indiquée par les orthophonistes. Cela nous a permis d'obtenir des participations dans le Sud de la France ou encore dans l'Est par exemple et d'obtenir une meilleure représentativité de la population, à l'inverse d'une population d'étude se situant dans une seule localisation géographique. Enfin un grand nombre de paramètres ont été intégrés dans le projet, ce qui permet, après expérimentation, d'avoir un grand nombre de données à analyser afin d'en extraire les variables et les biais à contrôler mais aussi de pouvoir calculer s'il existe une différence de performance entre les groupes d'individus (ex. filles/garçons, IC/AAC, niveau scolaire, performance après rediffusion du mot etc.).

## **4. Pistes de réflexion**

### **4.1. Réflexion sur l'expérimentation**

Si l'on souhaite supprimer le biais inter-juge, la personne en charge de la création du matériel devrait effectuer les séances d'entraînement, ce qui implique une demande préalable auprès du Comité de Protection des Personnes. L'individu en question serait alors en contact direct avec les patients en dehors des séances habituelles de l'enfant, ce qui permettrait une plus grande fiabilité des résultats avant de tenter une généralisation à plusieurs administrateurs du traitement. De plus, les enfants ayant bénéficié d'un entraînement à la compréhension dans le bruit pourraient être exclus de l'expérimentation. Le protocole présenté ici pourrait alors être amélioré sur les points évoqués lors de la partie précédente et ci-dessus, puis testé auprès d'une population minutieusement sélectionnée. Puis, un travail plus analytique pourrait également être mené sur le démasquage d'indices particuliers au niveau des fréquences et de l'énergie des phonèmes. Cela pourrait être un axe thérapeutique antérieur à celui de la reconnaissance de mots dans le bruit.

### **4.2. Réflexion sur des recherches futures**

Ce mémoire nous permet d'entrevoir de nombreuses possibilités de recherche. L'expérimentation a relevé que plusieurs orthophonistes avaient déjà effectué un entraînement au démasquage de la parole. Il pourrait alors être pertinent de s'intéresser à l'état des pratiques orthophoniques concernant cet objectif thérapeutique (ex. la proportion d'orthophonistes entraînant la compréhension dans le bruit, le nombre de patients qui en ressentent le besoin, etc.). De plus, la compréhension dans le bruit, si elle est adoptée en tant qu'objectif thérapeutique en orthophonie, intervient la plupart du temps lorsque la compréhension dans le silence est effective. Ainsi, il se peut que cet objectif ne soit pas exploré et que la prise en charge touche alors à sa fin si l'orthophoniste n'est pas sensibilisé.e à ce type d'intervention. Ensuite, l'évaluation des pratiques en orthophonie ou pratique basée sur les preuves (Schelstraete, 2011) recommande l'utilisation d'une structure précise et d'une méthode particulière qui n'ont pas été suivies ici. En revanche, un futur projet pourrait explorer ce point de vue sur l'efficacité d'une rééducation et suivre plus méticuleusement la démarche proposée en construisant des lignes de base par exemple. Une revue de la littérature

pourrait également compléter notre travail de recherche afin de cerner les manques et les apports théoriques présents dans le vaste domaine du démasquage de la parole dans le bruit.

## Conclusion

La création de ce protocole a permis d'établir une méthodologie précise, en utilisant des outils à notre disposition. Nous avons créé vingt-sept listes de dix mots respectant des critères psycholinguistiques spécifiques, à destination d'enfants entre cinq et douze ans. Ces listes enregistrées puis fusionnées avec un bruit de fond de trois intensités (+0 dB, +5 dB, +10 dB par rapport à la parole) se veulent de difficulté graduelle réduisant alors au fur et à mesure de l'entraînement la quantité de suppléance mentale mise à disposition de l'enfant. La progression est croissante, ce qui nous permet de rester à la limite proximale de développement de l'enfant tout en développant ses capacités de démasquage de la parole dans le bruit. De plus, la proposition de deux types de progressions, cognitive ou perceptive, permet de cerner la voie par laquelle aborder cet entraînement.

La spécificité de cette étude est son aspect innovant puisqu'aucun outil de ce type n'a encore été créé. La méthodologie utilisée pour construire ce matériel permet de justifier théoriquement nos choix et se situe dans un axe développemental. L'utilisation d'une base de donnée de langage oral serait néanmoins plus appropriée puisque nous nous sommes appuyée sur une base de donnée de langage écrit, Manulex. En effet, bien que la littérature nous indique une relation étroite entre le développement du langage écrit et celui du langage oral, celle-ci délaisse les particularités interindividuelles comme le niveau socio-culturel et socio-professionnel. Malgré cela, de nombreuses données ont pu être récoltées à la suite de l'expérimentation qui permettront d'analyser plus finement les forces et les manques de ce matériel. En outre ce protocole constitue un outil pratique et contribue à l'évaluation des pratiques professionnelles dans le domaine de la surdité en orthophonie.

Les éléments théoriques abordés dans la littérature soulignent la nécessité de recherches supplémentaires sur cette compétence d'un point de vue orthophonique. Nous n'avons pas trouvé d'étude fournissant des données objectives concernant l'efficacité d'un entraînement orthophonique spécifique au démasquage de la parole dans le bruit. Pourtant, nous sommes confrontés à une réalité incontestable : nous vivons dans un monde bruyant. Les enfants y sont confrontés depuis leur plus jeune âge à l'école, qu'ils soient normo-entendants ou malentendants. Depuis quelques années, l'orthophonie intègre progressivement le concept d'évaluation de l'efficacité du traitement. Notre projet s'inscrit dans ce mouvement afin de conjuguer les pratiques cliniques avec une validité théorique objectivée. Ce protocole a été une première étape nous permettant d'ouvrir des pistes d'études et de proposer des indications pertinentes. De futures recherches pourront donc explorer plus finement l'utilisation des pratiques basées sur les preuves, appliquée au démasquage de la parole ou encore le perfectionnement de ce matériel à l'aide des résultats obtenus.

## Bibliographie

- Achard, S., Renard, C., El hamine, S., Douchement-santerre, D., Lamblin-desruelles, J., & Vincent, C. (2014). Implantation cochléaire bilatérale : influence de l'asymétrie sur le bénéfice binaural. *Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*, 131(4), A102-A103.
- Ambert-Dahan, E., Laouénan, C., Lebredonchel, M., Borel, S., Carillo, C., Bouccara, D., ... Mosnier, I. (2018). Evaluation of the impact of hearing loss in adults: Validation of a quality of life questionnaire. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 135(1), 25-31.
- André-Vert, J., & Laurence, M. (2014). Éthique et recommandations de bonne pratique : à propos du dépistage précoce de la surdité et de l'accompagnement de l'enfant et de sa famille. *Archives de Pédiatrie*, 21(8), 860-868.
- Avan, P., Cazals, Y., Dauman, R., Denoyelle, F., & Hardelin, J.-P. (2006). *Déficits auditifs : recherches émergentes et applications chez l'enfant* [Rapport de recherche]. Institut National de la santé et de la recherche médicale (INSERM).
- Azema, B. (2006). 18. L'appareillage audioprothétique. In *Questions de personne: Vol. 3e éd. Psychologie de la surdité* (p. 339-354).
- Bassano, D. (2005). Production naturelle précoce et acquisition du langage. L'exemple du développement des noms. *Lidil. Revue de linguistique et de didactique des langues*, (31), 61-84.
- Bouccara, D., Mosnier, I., Bernardeschi, D., Ferrary, E., & Sterkers, O. (2012). Implants cochléaires chez l'adulte. *La Revue de Médecine Interne*, 33(3), 143-149.
- Brungart, D. S., & Simpson, B. D. (2002). Within-ear and across-ear interference in a cocktail-party listening task. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 112(6), 2985-2995.
- Buss, E., Pillsbury, H. C., Buchman, C. A., Pillsbury, C. H., Clark, M. S., Haynes, D. S., ... Barco, A. L. (2008). Multicenter U.S. Bilateral MED-EL Cochlear Implantation Study: Speech Perception over the First Year of Use. *Ear and Hearing*, 29(1), 20-32.
- Cherry, E. C. (1953). Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 25(5), 975-979.
- Colé, P., Casalis, S., Domínguez, A. B., Leybaert, J., Schelstraete, M.-A., & Sprenger-Charolles, L. (2012). *Lecture et pathologies du langage oral* (PUG).
- Collignon, C., Biga, J., & Gernigon. (2007). *Traitement de la surdité par pose d'implants cochléaires ou d'implants du tronc cérébral* [Évaluation du Service attendu ou rendu des dispositifs médicaux et des actes professionnels]. Saint Denis La Plaine: Haute Autorité de Santé.
- Dauman, R., Carbonnière, B., Soriano, V., Berger-Lautissier, S., Bouyé, J., Debruge, E., ... Bébéar, J. (1998). Implants cochléaires chez l'adulte et l'enfant, 20-185-D-10, 12.
- Djakoure, M.-J. (2017). *Évaluation d'un test d'audiométrie vocale rapide dans le bruit (VRB) par la mesure du rapport signal-sur-bruit* (Thèse pour le diplôme d'état de docteur en médecine). Faculté de médecine Henri Warembourg Lille 2, Lille.
- Dole, M. (2012, octobre). *Perception de la parole dans le bruit et dyslexie : approches comportementale, neuroanatomique et fonctionnelle*. Université Lumière Lyon 2 - Institut de Psychologie - École doctorale Neurosciences et Cognition.

- Dorman, M. F., Loizou, P. C., Spahr, A. J., & Maloff, E. (2002). Factors that Allow a High Level of Speech Understanding by Patients Fit With Cochlear Implants. *American Journal of Audiology*, 11(2), 119-123.
- Drullman, R. (1995). Temporal envelope and fine structure cues for speech intelligibility. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(1), 585-592.
- Dubois, F., Meunier, S., Rabau, G., Poisson, F., & Guyader, G. (2010). Détection de sources émergentes au sein d'un bruit large bande : mécanismes perceptifs et applications. In S.F. d'Acoustique-SFA (Éd.), *10ème Congrès Français d'Acoustique*. Lyon, France.
- Dumaurier, É. (1985). *Environnement sonore à l'école (EAP)*. Paris.
- Dunn, C. C., Noble, W., Tyler, R. S., Kordus, M., Gantz, B. J., & Ji, H. (2010). Bilateral and Unilateral Cochlear Implant Users Compared on Speech Perception in Noise: *Ear and Hearing*, 31(2).
- Dupont, M., & Lejeune, B. (2018). *Surdité et implant cochléaire : 625 exercices d'entraînement auditif*. Elsevier Health Sciences.
- Festen, J. M., & Plomp, R. (1990). Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 88(4), 1725-1736.
- Füllgrabe, C., Berthommier, F., & Lorenzi, C. (2006). Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. *Hearing Research*, 211(1-2), 74-84.
- Geers, A., Brenner, C., Nicholas, J., Tye-Murray, N., & Tobey, E. (2003). Educational factors contributing to cochlear implant benefit in children. *International Congress Series*, 1254.
- Gnansia, D. (2009). *Intelligibilité dans le bruit et démasquage de la parole chez les sujets normo-entendants, malentendants et implantés cochléaires* (Thèse de doctorat en informatique). Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- Grataloup, C., Hoen, M., Pellegrino, F., & Meunier, F. (2006). *Influence des paramètres psycholinguistiques du cocktail party sur la compréhension d'un signal de parole cible*. 4. Dinard.
- Haute Autorité de Santé (HAS). (2009). *Surdité de l'enfant : accompagnement des familles et suivi de l'enfant de 0 à 6 ans, hors accompagnement scolaire* [Argumentaire scientifique et recommandation de bonnes pratiques]. Saint Denis La Plaine: Haute Autorité de Santé.
- Hawley, M. L., Litovsky, R. Y., & Culling, J. F. (2004). The benefit of binaural hearing in a cocktail party: Effect of location and type of interferer. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(2), 833-843.
- Hopkins, K., & Moore, B. C. J. (2011). The effects of age and cochlear hearing loss on temporal fine structure sensitivity, frequency selectivity, and speech reception in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(1), 334-349.
- Hopkins, K., Moore, B. C. J., & Stone, M. A. (2008). Effects of moderate cochlear hearing loss on the ability to benefit from temporal fine structure information in speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(2), 1140-1153.
- Kidd, G., R Mason, C., L Arbogast, T., Brungart, D., & Simpson, B. (2003). Informational masking caused by contralateral stimulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113 (3), 1594-1603.

- Leibold, L. J., & Buss, E. (2013). Children's Identification of Consonants in a Speech-Shaped Noise or a Two-Talker Masker. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56(4), 1144-1155.
- Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., ... Debruille, X. (2012). *Audiologie pratique - Audiométrie* (3e édition). Elsevier Masson.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary-school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(1), 156-166.
- Lina-Granade, G., Gallego, S., Thai-Van, H., & Truy, É. (2010). Appareillage auditif conventionnel par voie aérienne. *EMC - Oto-rhino-laryngologie*, 5(2), 1-15.
- Lina-Granade, G., & Truy, E. (2005). Conduite à tenir devant une surdité de l'enfant. *EMC - Oto-rhino-laryngologie*, 2(3), 290-300.
- Lorenzi, A. (2016). *Audition et démasquage binaural chez l'homme* (Thèse pour le diplôme d'état de docteur). Université de Montpellier, Montpellier.
- Loundon, N., Busquet, D., Denoyelle, F., Roger, G., & Garabedian, E.-N. (2003). L'implant cochléaire chez l'enfant : résultats et perspectives. *Archives de Pédiatrie*, 10, s161-s163.
- Loundon, N., Busquet, D., & Garabedian, E.-N. (2009). *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique : comment adapter les pratiques* (Médecine-Sciences Flammarion, Vol. 1). Paris: Lavoisier MSP.
- Mondain, M., Blanchet, C., Venail, F., & Vieu, A. (2005). Classification et traitement des surdités de l'enfant. *EMC - Oto-rhino-laryngologie*, 2(3), 301-319.
- Moore, B. C. J. (2008). The Role of Temporal Fine Structure Processing in Pitch Perception, Masking, and Speech Perception for Normal-Hearing and Hearing-Impaired People. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 9(4), 399-406.
- Mosnier, I. (2013). Réhabilitation des surdités neurosensorielles unilatérales chez l'adulte. *La Lettre d'ORL et de chirurgie cervico-faciale*, (332), 16-19.
- Mott, J. B., McDonald, L. P., & Sinex, D. G. (1990). Neural correlates of psychophysical release from masking. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 88(6), 2682-2691.
- OMS. CIM 10/ICD 10 *Classification internationale des maladies 10e révision. Troubles mentaux et troubles du comportement. Descriptions cliniques et directives pour le diagnostic*. OMS (Genève), traduction de l'anglais coordonnée par Pull CB. Paris: Masson; 1993 (336 pp).
- Pearsons, K. S., Bennett, R. L., Fidell, S. (1977). *Speech levels in various noise environments* (Report No. EPA-600/1-77-025). Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency
- Peereman, R., Lété, B., & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-infra: Distributional characteristics of grapheme-phoneme mappings, infra-lexical and lexical units in child-directed written material. *Behavior Research Methods*, 39(3), 579-589.
- Peissig, J., & Kollmeier, B. (1997). Directivity of binaural noise reduction in spatial multiple noise-source arrangements for normal and impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 101(3), 1660-1670.
- Richard, C. (2010). *Etude de l'encodage des sons de parole par le tronc cérébral dans le bruit*. Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Schelstraete, M.-A. (2011). Méthodologie de l'intervention clinique : principes de traitement. In *Traitements du Langage Oral chez l'enfant* (p. 29-56). Paris: Elsevier Masson.

- Shannon, R. V., Zeng, F.-G., Kamath, V., Wygonski, J., & Ekelid, M. (1995). Speech Recognition with Primarily Temporal Cues. *Science*, 270(5234), 303-304.
- Simpson, S. A., & Cooke, M. (2005). Consonant identification in N-talker babble is a nonmonotonic function of N. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118(5), 2775-2778.
- Smulders, Y. E., van Zon, A., Stegeman, I., Rinia, A. B., Van Zanten, G. A., Stokroos, R. J., ... Grolman, W. (2016). Comparison of Bilateral and Unilateral Cochlear Implantation in Adults: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 142(3), 249.
- Sperry, J. L., Wiley, T. L., & Chial, M. R. (1997). Word recognition performance in various background competitors. *Journal of the American Academy of Audiology*, 8(2), 71-80.
- Swaminathan, J., Mason, C. R., Streeter, T. M., Best, V., Roverud, E., & Kidd, G. (2016). Role of Binaural Temporal Fine Structure and Envelope Cues in Cocktail-Party Listening. *Journal of Neuroscience*, 36(31), 8250-8257.
- Taly, V. (2010). Le jeune enfant sourd implanté cochléaire et l'observation des précurseurs du langage. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 58(6-7), 398-404.
- Vincent, C., Vaneecloo, F.-M., Delattre, A., Decroix, D., Lebreton, J.-P., & Ruzza, I. (2007). La prothèse auditive conventionnelle. *Annales d'Otolaryngologie et de Chirurgie Cervico-faciale*, 124(1), 33-40.
- Walden, B. E., Surr, R. K., Cord, M. T., & Dyrland, O. (2004). Predicting Hearing Aid Microphone Preference in Everyday Listening. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15(5), 365-396.
- Wu, Y. H., Stangl, E., Chipara, O., Hasan, S. S., Welhaven, A., & Oleson, J. (2018). Characteristics of Real-World Signal to Noise Ratios and Speech Listening Situations of Older Adults With Mild to Moderate Hearing Loss. *Ear and Hearing*, 39(2), 293-304.

Sites web consultés :

- CRNL, université de Lyon, *Speech-shaped Noise*. Retrived 2018 from <https://crnl.univ-lyon1.fr/index.php/fr>
- OMS. (2019). *Surdité et déficience auditive*. Retrived May, 2019 from <http://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
- Ortega, É., & Lété, B. (2010). *eManulex: Electronic version of Manulex and Manulex-infra databases*. Retrieved 2019 from <http://www.manulex.org>.

## **Liste des annexes**

**Annexe 1 : Schéma d'un implant (Copyright © 2019 Advanced Bionics AG et ses filiales).**

**Annexe 2 : Différents types de prothèses auditives, d'embouts et leurs indications d'après Lina-Granade, Gallego, Thai-Van, & Truy, 2010.**

**Annexe n°3 : Fréquences des mots utilisés dans les listes d'entraînement et des mots distracteurs des listes de désignation.**

**Annexe n°4 : Exemple d'une planche d'image, listes monosyllabique sur désignation n°1.**

**Annexe n°5 : Fréquences des mots et images utilisés dans l'épreuve de dénomination.**

**Annexe n°6 : Prévisionnels de séances pour le groupe de facilitations cognitive et perceptive.**

**Annexe n°7 : Détail d'une fiche séance d'entraînement (n°2).**

**Annexe n°8 : Détail d'une fiche séance d'évaluation (n°1).**

**Annexe n°9 : Notice du protocole et fiche de renseignements minimaux.**

**Annexe n°10 : Détail de la fiche de consentement parents et enfants.**

**Annexe n°11 : Script détaillé de la vidéo de présentation.**