



**HAL**  
open science

# La perception auditive dans le bruit chez le jeune enfant normo-entendant et implanté cochléaire

Florine Fournet, Mélanie Guindéo Roccia

## ► To cite this version:

Florine Fournet, Mélanie Guindéo Roccia. La perception auditive dans le bruit chez le jeune enfant normo-entendant et implanté cochléaire. Sciences cognitives. 2014. dumas-01076526

**HAL Id: dumas-01076526**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01076526>**

Submitted on 2 Nov 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ACADÉMIE DE PARIS

UNIVERSITÉ PARIS VI PIERRE et MARIE CURIE

MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE

**LA PERCEPTION AUDITIVE DANS LE BRUIT  
CHEZ LE JEUNE ENFANT NORMO-ENTENDANT  
ET IMPLANTÉ COCHLÉAIRE**

**Directeur de Mémoire : Aude De LAMAZE, orthophoniste**  
Hôpital NECKER – Service du Professeur E.N. GARABÉDIAN

Année universitaire 2013-2014

**FOURNET Florine**

Née le 14.10.1991

**GUINDÉO ROCCIA Mélanie**

Née le 18.04.1983



## **REMERCIEMENTS**

Nous tenons à adresser nos remerciements à toutes les personnes qui nous ont accompagnées dans la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, nos pensées se tournent vers Aude de Lamaze, notre maître de mémoire. Merci pour la confiance que tu nous as accordée en acceptant d'encadrer ce projet, pour ton enthousiasme, ta disponibilité et le temps consacré à ce travail de recherche.

Nous exprimons notre gratitude à toute l'équipe du service d'ORL de Necker et remercions particulièrement :

- Le Professeur Eréa-Noël Garabédian pour nous avoir accueillies dans son service.
- Le Docteur Natalie Loundon, pour sa bienveillance et sa disponibilité.
- Les orthophonistes du service, pour leur contribution et leurs conseils. Un grand merci à Clara Legendre pour son soutien tout au long de cette aventure.
- Corinne Deloutre et Marjorie Bonnot, secrétaires dans le service, pour nous avoir permis de récupérer tous les dossiers médicaux dont nous avons besoin.
- Élisabeth Truffert et Sinasi Yildiz, internes en médecine dans le service, dont les présentations bibliographiques nous ont été d'une aide précieuse.
- Arnaud Coez, audioprothésiste, qui a pris le temps de nous éclairer dans nos recherches bibliographiques.
- Georges Ormancey, audioprothésiste, qui nous a fourni d'importantes précisions techniques.

Nous adressons également nos remerciements à tous les enfants et leurs familles rencontrés à l'hôpital, qui nous ont accordé du temps en acceptant de participer à l'étude. Merci à tous les parents que nous avons contactés et qui ont accepté de remplir notre questionnaire.

Nous sommes très reconnaissantes envers les personnes de notre entourage qui se sont investies et se sont déplacées à l'hôpital Necker pour cette étude.

Nous remercions Cyrille Coudert pour ses conseils avisés au début de notre projet et Sidy Fall, pour son aide lors de sa finalisation.

Enfin, nos remerciements vont à nos familles et nos amis pour les encouragements, le soutien et l'affection qu'ils nous ont apportés tout au long de cette année.

## **ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT**

Je soussignée FOURNET Florine, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Je soussignée GUINDÉO ROCCIA Mélanie, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>PARTIE THÉORIQUE</b> .....	2
<b>PARTIE A : L'AUDITION</b> ( <i>Mélanie Guindéo-Roccia</i> ) .....	2
<b><u>I. Le système auditif</u></b> .....	2
I.1) Anatomie et physiologie de l'audition .....	2
<i>I.1.a) Voies empruntées par l'information sonore</i> .....	2
- Au niveau périphérique .....	2
- Au niveau central .....	2
<i>I.1.b) L'oreille interne</i> .....	3
- Le système vestibulaire .....	3
- La cochlée .....	3
I.2) Mise en place de la fonction auditive .....	4
I.3) Perception auditive et niveaux de traitement .....	4
<b><u>II. La surdité de perception chez l'enfant</u></b> .....	5
II.1) Définition de la surdité de perception .....	5
II.2) Classification des surdités .....	5
<i>II.2.a) Selon le degré de perte auditive</i> .....	5
<i>II.2.b) Autres critères pouvant être pris en compte</i> .....	6
<b><u>III. Éléments de prise en charge de la surdité de perception chez l'enfant</u></b> .....	6
III.1) Les différents moyens de réhabilitation auditive .....	7
III.2) Rôle de l'orthophonie .....	7
<b>PARTIE B : L'IMPLANT COCHLÉAIRE</b> ( <i>Florine Fournet</i> ) .....	8
<b><u>I. Présentation générale</u></b> .....	8
I.1) Définition.....	8
I.2) Composition et principes de fonctionnement .....	8
- Partie externe.....	8
- Partie interne .....	8

I.3) L'implantation cochléaire bilatérale.....	9
<b>II. Le bilan pré-implantation</b> .....	9
II.1) Critères d'indication de l'implantation cochléaire .....	9
II.1.a) Indications de l'implant cochléaire pédiatrique .....	9
II.1.b) Cas particulier de l'implantation cochléaire bilatérale .....	10
II.2) Le bilan pluridisciplinaire .....	10
II.2.a) Bilan médical .....	10
II.2.b) Bilan orthophonique .....	11
<b>III. Les suites de l'implantation</b> .....	12
III.1) Suivi post-implantation .....	12
III.1.a) Réglages et suivi ORL.....	12
III.1.b) Bilans orthophoniques .....	12
- Compétences perceptives .....	13
- Compétences communicatives .....	13
- Parole .....	13
- Compétences langagières .....	14
III.2) Les bénéfices de l'implantation cochléaire.....	14
III.2.a) Facteurs influençant les résultats de l'implantation cochléaire .....	14
- Des facteurs en lien avec la déficience auditive.....	14
- Des facteurs individuels .....	15
- Des facteurs externes.....	15
III.2.b) Apports de l'implant cochléaire bilatéral.....	15
 <b>PARTIE C : LA PERCEPTION AUDITIVE DANS LE BRUIT</b>	
( <i>Rédaction commune</i> ) .....	16
<b>I. Éléments de psychoacoustique concernant la stéréophonie</b> .....	16
I.1) Quelques définitions .....	16
I.1.a) Le bruit .....	16
I.1.b) Rapport signal sur bruit .....	16
I.2) Binauralité et stéréophonie .....	16
I.2.a) Particularités du système auditif central.....	16
- Asymétrie d'activation .....	16
- Spécialisation hémisphérique .....	17

I.2.b) <i>Différence entre binauralité et stéréophonie</i> .....	17
I.2.c) <i>La fonction binaurale</i> .....	18
- La localisation spatiale sonore .....	18
- La perception du message dans le bruit .....	18
- La sommation binaurale .....	18
<b>II. La perception auditive dans le bruit chez le sujet entendant</b> .....	19
II.1) Mécanismes qui sous-tendent l'intelligibilité de la parole dans le bruit .....	19
II.1.a) <i>Rôle du système nerveux central</i> .....	19
II.1.b) <i>Analyse spectro-temporelle du signal</i> .....	19
II.1.c) <i>Démasquage binaural et importance des vallées du bruit de fond</i> <i>fluctuant</i> .....	20
II.1.d) <i>Analyse des scènes auditives</i> .....	20
II.1.e) <i>Localisation spatiale</i> .....	20
II.2) Analyse des performances chez l'adulte .....	21
II.3) Analyse des performances chez l'enfant .....	21
<b>III. Évaluation de la perception auditive dans le bruit</b> .....	22
III.1) Enjeux de l'évaluation .....	22
III.2) Matériel linguistique .....	23
III.3) Matériel sonore .....	23
III.4) Déroulement de l'évaluation .....	23
III.5) Présentation de quelques épreuves vocales dans le bruit .....	24
<b>IV. La perception auditive dans le bruit chez le sujet sourd</b> .....	24
IV.1) Répercussions de la surdité .....	24
IV.2) Réhabilitation de la stéréophonie et systèmes spécialisés pour l'écoute en milieu bruyant .....	25
IV.3) Études chez l'adulte et l'enfant implantés cochléaires .....	26
IV.3.a) <i>Apport de l'implant cochléaire par rapport aux prothèses auditives</i> ...	26
IV.3.b) <i>Apport de l'implant bilatéral par rapport à l'implant unilatéral</i> .....	26
- Chez l'adulte .....	26
- Chez l'enfant .....	26
IV.3.c) <i>Comparaison des conditions bimodale et bilatérale</i> .....	26
- Chez l'adulte .....	26
- Chez l'enfant .....	27



IV.3.d) <i>Perspectives pour les implants cochléaires</i> .....	27
IV.4) Bénéfices d'un entraînement auditif spécifique dans le bruit .....	28
- Chez l'adulte .....	28
- Chez l'enfant .....	28
<b>PARTIE CLINIQUE</b> ( <i>Rédaction commune</i> ) .....	29
<b><u>I. Problématique et objectifs</u></b> .....	29
<b><u>II. Hypothèses</u></b> .....	29
II.1) Hypothèses chez l'enfant normo-entendant .....	29
II.2) Hypothèses chez l'enfant sourd implanté cochléaire .....	30
<b><u>III. Méthodologie de recherche</u></b> .....	31
III.1) Population .....	31
III.1.a) <i>Enfants normo-entendants</i> .....	31
III.1.b) <i>Enfants sourds implantés cochléaires</i> .....	31
III.2) Présentation du protocole .....	32
III.2.a) <i>Matériel</i> .....	32
- Chez l'enfant normo-entendant.....	33
- Chez l'enfant sourd implanté cochléaire .....	33
III.2.b) <i>Recueil des données</i> .....	34
- Chez l'enfant normo-entendant.....	34
- Chez l'enfant sourd implanté cochléaire .....	35
<b><u>IV. Résultats</u></b> .....	36
IV.1) Chez l'enfant normo-entendant .....	36
IV.2) Chez l'enfant sourd implanté cochléaire .....	43
IV.2.a) <i>Observations relatives à l'évaluation de la perception auditive dans le bruit (analyse descriptive)</i> .....	43
IV.2.b) <i>Analyse des résultats</i> .....	48
<b><u>V. Discussion</u></b> .....	53
V.1) Introduction .....	53
V.2) Chez l'enfant normo-entendant .....	53
V.2.a) <i>Résultats</i> .....	53

<i>V.2.b) Difficultés rencontrées au cours de l'étude</i> .....	55
<i>V.2.c) Limites de l'étude</i> .....	56
<i>V.2.d) Perspectives</i> .....	56
<b>V.3) Chez l'enfant sourd implanté cochléaire</b> .....	57
<i>V.3.a) Résultats</i> .....	57
<i>V.3.b) Difficultés rencontrées au cours de l'étude</i> .....	58
<i>V.3.c) Limites de l'étude</i> .....	58
<i>V.3.d) Perspectives</i> .....	59
<b>CONCLUSION</b> .....	60
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	61
<b>ANNEXES</b> .....	71

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

CCE = cellules ciliées externes

CCI = cellules ciliées internes

HF = hautes fréquences

IC = implant(s) cochléaire(s)

NE = normo-entendant(s)

OE = oreille externe

OI = oreille interne

OM = oreille moyenne

OVG = onde vocale globale

PAC = prothèse(s) auditive(s) conventionnelle(s)

PAM = perte auditive moyenne

PCL = prothèse controlatérale

RSB = rapport(s) signal sur bruit / SNR = signal to noise ratio

SPL = sound pressure level

SRT = speech recognition threshold (seuil d'intelligibilité vocal)

## SOMMAIRE DES FIGURES ET TABLEAUX

### **Figures**

---

<b>Figure 1</b> : Composition de l'implant cochléaire .....	8
<b>Figure 2</b> : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon le RSB .....	37
<b>Figure 3</b> : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon l'âge et le RSB .....	38
<b>Figure 4</b> : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon le niveau de concentration et le RSB .....	40
<b>Figure 5</b> : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon la liste (1 ou 2) et le RSB .....	42
<b>Figure 6</b> : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon le recul à l'implantation .....	44
<b>Figure 7</b> : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon la modalité d'appareillage tous reculs confondus .....	45
<b>Figure 8</b> : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon la modalité d'appareillage et le recul .....	46
<b>Figure 9</b> : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon l'âge de l'enfant au moment du bilan .....	47
<b>Figure 10</b> : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon les scores obtenus dans le silence .....	48
<b>Figure 11</b> : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon le recul .....	49

### **Tableaux**

---

<b>Tableau 1</b> : Différences de moyennes selon le RSB .....	37
<b>Tableau 2</b> : Différences de moyennes selon l'âge (4 groupes) et le RSB .....	39
<b>Tableau 3</b> : Différences de moyennes selon l'âge (2 groupes) et le RSB .....	39
<b>Tableau 4</b> : Différences de moyennes selon le niveau de concentration et le RSB .....	40
<b>Tableau 5</b> : Effet d'interaction entre l'âge et la concentration sur les performances .....	41
<b>Tableau 6</b> : Différences de moyennes selon la liste (1 ou 2) et le RSB .....	42
<b>Tableau 7</b> : Tableau de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les performances dans le bruit par RSB .....	43

<b>Tableau 8 :</b> Nombre d'enfants ayant bénéficié d'une évaluation orthophonique et d'une évaluation dans le bruit par recul et par appareillage .....	46
<b>Tableau 9 :</b> Extrait du tableau 8 .....	50
<b>Tableau 10 :</b> Tableau de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les performances dans le bruit tous reculs confondus .....	52
<b>Tableau 11 :</b> Tableau de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les performances dans le bruit pour les reculs $\leq 24$ mois .....	52
<b>Tableau 12 :</b> Tableau de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les performances dans le bruit pour les reculs $> 24$ mois .....	53

# INTRODUCTION

La surdité constitue le handicap sensoriel le plus fréquent. Elle engendre des répercussions défavorables sur le développement de l'enfant. Le diagnostic précoce, la prise en charge ainsi que l'implant cochléaire (IC) en cas de surdité bilatérale sévère à profonde sont autant de facteurs de bon pronostic pour son évolution.

L'IC constitue une avancée technologique majeure dans la réhabilitation de la surdité de l'enfant. Il favorise l'accès au langage oral et l'intégration du monde de l'entendant. Cependant, l'IC ne permet en aucun cas de restaurer une audition normale et des difficultés demeurent, notamment pour la perception auditive dans le bruit. Les progrès technologiques dans le domaine de la surdité sont constants et laissent entrevoir des perspectives nouvelles.

L'écoute en milieu bruyant fait partie de la vie quotidienne de tout un chacun. Elle repose sur des phénomènes binauraux tels que la localisation spatiale, le démasquage de la parole et la sommation binaurale. L'appareillage (IC et/ou prothèse auditive conventionnelle), lorsqu'il est bilatéral, permet certes de rétablir des éléments de stéréophonie mais pas une stéréophonie comparable à celle de l'entendant.

L'écoute en milieu bruyant demeure ainsi un problème prégnant chez les enfants sourds et constitue un enjeu de taille pour les équipes thérapeutiques. Depuis peu, l'évaluation perceptive dans le bruit a intégré le bilan orthophonique post-implantation. En raison du peu d'études traitant de ce sujet et de l'absence de norme de référence chez l'enfant normo-entendant (NE), il est difficile d'élaborer un protocole avec la certitude qu'il reflète au plus juste les capacités perceptives des enfants implantés cochléaires.

Notre mémoire vise à rendre compte des pratiques actuelles à l'hôpital Necker concernant l'évaluation dans le bruit des enfants implantés de 3 à 6 ans, de leurs performances perceptives dans le bruit ainsi que de celles des enfants NE de même âge.

Dans un premier temps, nous présenterons les assises théoriques sur la perception auditive dans le bruit qui ont guidé notre réflexion. Puis, après avoir formulé des hypothèses quant aux performances perceptives dans le bruit des enfants NE et implantés cochléaires, nous exposerons les résultats de notre étude.

# PARTIE THÉORIQUE

## PARTIE A : L'AUDITION (Mélanie Guindéo-Roccia)

---

### I. Le système auditif

#### **I.1) Anatomie et physiologie de l'audition**

##### *I.1.a) Voies empruntées par l'information sonore*

L'audition est un système qui comprend une partie périphérique, l'oreille, et une partie centrale que constituent les voies nerveuses auditives (Bonfils et al. 2011a)(8).

##### Au niveau périphérique

L'oreille humaine est divisée en trois unités fonctionnelles : (Dulguerov 2005b)(30) ; (McFarland et al. 2009)(72)

- L'oreille externe (OE) a pour fonction de capter les sons de l'environnement, de les amplifier et de les diriger vers le tympan. En vibrant, cette membrane convertit le signal acoustique reçu en énergie mécanique.
- L'oreille moyenne (OM) assure la transmission des vibrations du tympan à l'oreille interne. Les mouvements de la chaîne ossiculaire (marteau, enclume, étrier) aboutissent à l'enfoncement de la platine de l'étrier dans la fenêtre ovale.
- L'oreille interne (OI) abrite le labyrinthe antérieur qui correspond à la cochlée et le labyrinthe postérieur qui comprend le vestibule et les canaux semi-circulaires.

##### Au niveau central

- La voie afférente : (Bonfils et al. 2011a)(8) ; (McFarland et al. 2009)(72)

Les informations sensorielles qui partent de la cochlée cheminent le long du nerf vestibulo-cochléaire (VIII<sup>e</sup> paire crânienne) jusqu'au cortex auditif. Les fibres cochléaires traversent le méat acoustique interne, l'angle ponto-cérébelleux et entrent dans le tronc cérébral au niveau du sillon bulbo-pontique. Elles font alors synapse sur le noyau cochléaire dans la substance médullaire. Puis, elles se projettent bilatéralement sur les différents relais des voies auditives (complexe de l'olive supérieure, *colliculus* inférieur, lemnisque latéral, corps géniculé médial et cortex auditif temporal). Les fibres nerveuses qui décussent étant les plus nombreuses, le transport de l'information sonore est majoritairement contralatéral.

Ce phénomène a pour objectif l'intégration optimale du message auditif.

- La voie efférente : (Bonfils et al. 2011a)(8) ; (McFarland et al. 2009)(72)

Cette voie descendante, encore méconnue, part du cortex auditif jusqu'aux cellules ciliées de la cochlée en empruntant tous les relais cités plus haut et en en modulant l'activité.

### ***1.1.b) L'oreille interne***

L'OI est composée du labyrinthe osseux à l'intérieur duquel est suspendu le labyrinthe membraneux (Bonfils et al. 2011a)(8).

#### Le système vestibulaire

Ce système est constitué d'une cavité centrale - le vestibule - sur laquelle sont abouchés trois canaux semi-circulaires. Leur orientation spécifique permet l'équilibration de l'homme (Bonfils et al. 2011b)(9).

#### La cochlée

La cochlée osseuse forme « un tube spiralé » (deux tours et demi de spire) enroulé autour du *modiolus*, son axe central osseux, qui s'étend de la base à l'apex de la cochlée. Il permet le passage des fibres nerveuses grâce à de petites perforations (McFarland et al. 2009)(72).

La cochlée abrite trois canaux : (Dulguerov 2005a)(29) ; (McFarland et al. 2009)(72)

- la rampe vestibulaire qui part de la fenêtre ovale jusqu'à l'apex de la cochlée où *l'helicotrema* permet la communication avec la rampe tympanique.
- la rampe tympanique qui part de l'apex de la cochlée jusqu'à la fenêtre ronde.
- le canal cochléaire qui abrite l'organe sensoriel de l'audition - l'organe de Corti - qui contient les cellules sensorielles : les cellules ciliées internes et externes (CCI et CCE).

L'oreille interne traduit les variations de pression acoustique en une information bioélectrique par l'action des cellules ciliées. En présence de son, les mouvements de l'étrier créent une onde qui se propage aux liquides de l'OI. Ainsi, la membrane basilaire qui sous-tend l'organe de Corti est-elle stimulée dans une zone fréquentielle donnée. Ce phénomène est appelé tonotopie fréquentielle. Les CCE qui reposent sur la zone stimulée transmettent la vibration aux CCI correspondantes. L'influx nerveux pourra alors être véhiculé vers les voies centrales de l'audition (Bonfils et al. 2011a)(8).



## **I.2) Mise en place de la fonction auditive**

« Les structures de l'oreille interne sont en place et fonctionnelles » à la naissance. Cependant, la maturation des voies auditives se poursuit jusque vers l'âge de quatre ans pour une myélinisation complète du système nerveux auditif périphérique (Legent et al. 2011a)(55) ; (Loundon et al. 2006)(70). L'organisation cérébrale de la fonction auditive se situerait entre 3 et 18 mois de vie. Toute absence prolongée de stimulations sonores périphériques durant cette période l'entraverait considérablement (Colleau 2004)(21) ; (Loundon et al. 2006)(70). C'est au contact de stimulations sonores adéquates que la fonction auditive se construit (Deggouj et al. 2010)(25) et « crée l'organe » (Bizaguet 2006)(7). Nous sommes donc génétiquement programmés pour entendre, mais écouter repose sur un entraînement auditif (Vinter 2005)(115).

## **I.3) Perception auditive et niveaux de traitement**

La compréhension du message auditif repose sur des mécanismes très complexes qui nécessitent l'utilisation fonctionnelle de l'audition. Celle-ci s'acquiert de façon très naturelle chez l'enfant normo-entendant (Bergeron et al. 1994)(2). L'enfant doit être conscient du monde sonore qui l'entoure avant de traiter l'information acoustique. Cette fonction d'alerte, capacité à percevoir un son sans être placé en situation d'écoute, est à la base de tout apprentissage (Vergnon 2008a)(110) ; (Vinter 2005)(115).

Les comportements auditifs que nous allons citer sont reconnus par la majorité des auteurs.

- La détection est le fait de « repérer le bruit ou l'absence de bruit dans différents contextes » (Busquet et al. 2009)(13).
- La discrimination est « l'habileté à percevoir les similitudes et les différences acoustiques des sons (fréquence, intensité, durée) et ainsi distinguer si les deux stimuli sont identiques ou différents » (Bergeron et al. 1994)(2).
- L'identification et la reconnaissance d'items sonores sont deux notions très proches et souvent confondues. Ces deux étapes consistent à « reconnaître, par analogie, une configuration acoustique mémorisée » (BIAP 2008)(6). Identifier est « l'habileté à reproduire un *stimulus* en le nommant ou en manifestant sa reconnaissance de quelque façon que ce soit » (Busquet et al. 2009)(13), parmi « un ensemble clos de propositions » (liste fermée). Puis la reconnaissance des stimuli sonores en liste ouverte est rendue possible grâce à la prise d'indices sonores (Vieu et al. 2004)(113).

- La compréhension est considérée comme « l'étape ultime et cognitive de la perception » (Busquet et al. 2009)(13) ; (Dumont 2008)(31). L'enfant peut répondre aux *stimuli* auditifs en s'appuyant sur le contenu sémantique (BIAP 2008)(6) ; (Busquet et al. 2009)(13).

L'interaction de ces étapes fera éclore le sens du message (Busquet et al. 2009)(13).

## **II. La surdité de perception chez l'enfant**

### **II.1) Définition de la surdité de perception**

Le dictionnaire d'orthophonie définit la surdité comme « une déficience auditive, quelle que soit son origine et quelle que soit son importance. Elle peut être transitoire ou définitive, parfois même évolutive » (Brin et al. 2006)(12).

La surdité de perception résulte de détériorations des structures de l'OI et/ou des voies nerveuses de l'audition (Vinter 2005)(115). Elle compromet la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique et/ou son transport vers le cortex auditif (Loundon et al. 2006)(70). La complexité de sa prise en charge réside dans la présence fréquente de distorsions (de fréquence, d'intensité et de temps) qui altèrent qualitativement la perception (Mondain et al. 2005)(77).

### **II.2) Classification des surdités**

#### ***II.2.a) Selon le degré de perte auditive***

L'intensité de la perte auditive peut être calculée en faisant la moyenne de la somme des pertes obtenues à la stimulation des quatre fréquences conversationnelles (500, 1000, 2000 et 4000 Hz) (BIAP 1997)(4). On dénombre ainsi six niveaux de déficience de référence caractérisés par la perte auditive moyenne (PAM) (BIAP 1997)(4) ; (Legent et al. 2011a)(55) :

1. L'audition normale ou subnormale : PAM entre 0 et 20 dB.
2. La déficience auditive légère : PAM entre 21 et 40 dB.
3. La déficience auditive moyenne : PAM entre 41 et 70 dB. On distingue un premier degré (entre 41 et 55 dB) et un second degré (entre 56 et 70 dB).

4. La déficience auditive sévère : PAM entre 71 et 90 dB. Deux degrés sont distingués par une PAM entre 71 et 80 dB et le second entre 81 et 90 dB.
5. La déficience auditive profonde : PAM entre 91 et 119 dB. Trois degrés sont distingués par une PAM entre 91 et 100 dB, 101 et 110 dB et 111 et 119 dB.
6. La déficience auditive totale ou cophose : PAM au-delà de 120 dB.

La prise en charge prothétique et orthophonique sera nécessaire en cas de déficience auditive moyenne et indispensable pour les déficiences auditives plus importantes.

### ***II.2.b) Autres critères pouvant être pris en compte***

La population des enfants sourds n'est pas homogène. La réhabilitation doit donc reposer sur une description précise de la surdité. Ainsi, certains facteurs vont influencer le choix de la thérapeutique : (HAS 2007)(44) ; (Mondain et al. 2005)(77) ; (Vinter 2005)(115)

- le côté de l'atteinte et le caractère unilatéral ou bilatéral de la surdité
- l'étiologie de la surdité
- l'âge d'apparition de la surdité, qui a un impact sur le développement du langage oral. Des périodes critiques concernant ce développement ont été mises en évidence dans la littérature : la phase prélinguistique entre 0 et 12 mois et la phase linguistique à partir de 12 mois (Loundon et al. 2009)(67). Certains auteurs distinguent alors la surdité congénitale, pré-linguale (avant 2 ans), péri-linguale (entre 2 et 5 ans) et post-linguale (après 6 ans) (Mondain et al. 2005)(77).
- le caractère évolutif ou non de la surdité (Pol 2003)(90)
- le caractère syndromique ou non de la surdité
- l'existence d'un handicap associé.

La surdité est donc une entité très complexe qui requiert la connaissance de nombreux éléments afin de mettre en place un programme thérapeutique adapté à l'enfant.

### **III. Éléments de prise en charge de la surdité de perception chez l'enfant**

Ce déficit sensoriel a des répercussions majeures sur le développement de l'enfant tant au niveau de la communication, du développement langagier, de la cognition que de l'insertion scolaire et sociale (Beley et al. 2009)(1) ; (Expertise collective Inserm 2006)(33). Les auteurs indiquent donc qu'un appareillage précoce ainsi qu'une rééducation

orthophonique intensive et adaptée permettraient de limiter les effets délétères de la surdité sur le développement de l'enfant.

### **III.1) Les différents moyens de réhabilitation auditive**

Dès le diagnostic de surdité de perception bilatérale posé, un appareillage auditif doit être proposé, de préférence bilatéral. Différents moyens de réhabilitation auditive sont envisageables comme les prothèses auditives conventionnelles (PAC), l'implant cochléaire (IC), l'implant cochléaire du tronc cérébral et l'implant électromagnétique d'oreille moyenne (Truy 2009)(108). Les études montrent que l'appareillage associé à une éducation auditive bien menée permettent à l'enfant sourd de rentrer dans le langage « par la voie royale » (Loundon et al. 2009)(67).

### **III.2) Rôle de l'orthophonie**

L'orthophonie tient une grande place dans la prise en charge de l'enfant sourd sévère à profond (Truy 2009)(108). Restaurer la communication entre l'enfant et son entourage est une de ses priorités (Loundon et al. 2009)(67) ; (Vieu 2009)(112). Cette prise en charge a beaucoup évolué depuis la pratique du dépistage précoce et l'arrivée de l'IC chez l'enfant (Vieu 2009)(112). Ainsi, l'orthophoniste est-il amené à intervenir très précocement (Franzoni 2006)(35). Une grande importance est accordée à la guidance parentale. Cette étape favorise l'installation d'un partenariat entre l'orthophoniste et les parents. Elle a pour objectif de prévenir les effets dévastateurs de l'annonce du diagnostic sur la dynamique familiale, d'accompagner les parents dans leurs choix et de redonner à l'enfant sa place de sujet communicant (Dumont 2008)(31) ; (Franzoni 2006)(35).

L'évaluation des capacités perceptives à différents moments du développement de l'enfant permettra de rendre compte de ses capacités, de ses progrès et difficultés afin d'ajuster au mieux la prise en charge. L'éducation auditive est indispensable, même avec un bon appareillage.

Enfin, l'orthophoniste a pour mission de structurer la langue de l'enfant (Dumont 2008)(31). Les aides visuelles, proposées selon son stade d'évolution, ses capacités et les demandes de sa famille, sont un atout majeur dans l'atteinte de cet objectif (Loundon et al. 2009)(67).

### **I. Présentation générale**

#### **I.1) Définition**

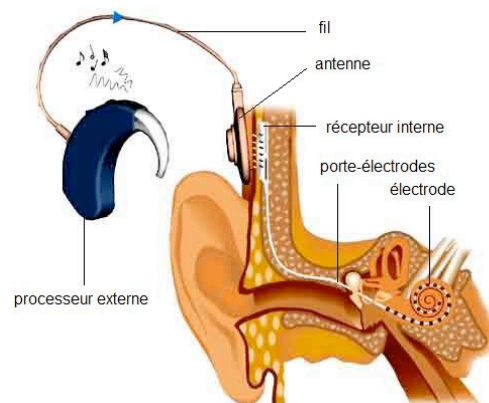
L'implant cochléaire (IC) est une prothèse électronique visant à pallier une déficience de l'oreille interne (OI). Ses électrodes, implantées dans la cochlée, stimulent directement le nerf auditif. Aussi ce moyen de réhabilitation se distingue-t-il des prothèses auditives conventionnelles (PAC) qui agissent par amplification du son (Dauman et al. 1998)(24) ; (Ligny et al. 2006)(60).

#### **I.2) Composition et principes de fonctionnement**

L'IC se compose d'une partie externe visible et amovible ainsi que d'une partie interne, implantée chirurgicalement.

##### Partie externe

Le microphone, situé sur le contour d'oreille, assure la captation, l'amplification, la compression et le filtrage des informations acoustiques qu'il transmet au processeur vocal. Ce dernier traduit le signal d'entrée en impulsions électriques de très faible intensité et le divise en bandes fréquentielles correspondant au nombre d'électrodes insérées dans la cochlée (Ligny et al. 2006)(60). La zone fréquentielle prise en charge par l'IC s'étend de 200 à 8000Hz (Loundon 2009)(69). Ensuite, la transmission électro-magnétique du signal aux structures internes de l'implant a lieu par voie transcutanée, *via* l'antenne de transmission. Celle-ci est maintenue sur le cuir chevelu par attraction avec un aimant localisé sous la peau, au niveau de l'os temporal (López 2010)(64).



**Figure 1 : Composition de l'implant cochléaire**  
(<http://www.cisic.fr/implant/implant>)

##### Partie interne

Le microprocesseur interne est placé en sous-cutané dans une logette osseuse rétro-auriculaire. Il est prolongé par un faisceau d'électrodes insérées dans la rampe tympanique

de la cochlée, en respectant la tonotopie de l'oreille humaine. Le microprocesseur interne reçoit le signal électrique et stimule les électrodes. Le signal est alors traduit en un influx nerveux transmis au nerf auditif puis aux centres auditifs (Ligny et al. 2006)(60).

A ce jour, quatre marques de fabricants se partagent le marché international : Advanced Bionics (Etats-Unis), Cochlear (Australie), MED-EL (Autriche) et Neurelec (France). Les bénéfices engendrés par leurs implants sont sensiblement similaires (Loundon 2009)(69).

### **I.3) L'implantation cochléaire bilatérale**

Lorsque les deux IC sont posés durant le même temps chirurgical ou en deux temps chirurgicaux séparés par une courte période, on parle d'implantation cochléaire bilatérale simultanée. L'implantation cochléaire séquentielle correspond quant à elle à la mise en place décalée du second IC, lors d'un autre temps opératoire distinct. (BIAP 2011)(5). Dans ce cas, l'intervalle entre les deux interventions doit être le plus restreint possible et respecter la période critique de la plasticité cérébrale si l'on veut optimiser les bénéfices des IC (BIAP 2011)(5) ; (Gordon et al. 2009)(42).

## **II. Le bilan pré-implantation**

### **II.1) Critères d'indication de l'implantation cochléaire**

#### ***II.1.a) Indications de l'implant cochléaire pédiatrique*** (Loundon 2009)(69)

En 1995, un consensus international a défini les critères d'implantation pédiatrique :

- surdité profonde ou cophose bilatérale dont le gain prothétique ne permet pas le développement du langage
- seuils prothétiques supérieurs ou égaux à 60 dB
- intelligibilité avec les prothèses en liste ouverte de mots inférieure à 30%
- absence de contre-indications médicales ou radiologiques
- privation auditive inférieure à 10 ans
- mode d'éducation majoritairement oraliste
- motivation et stabilité parentale, possibilités éducatives.

Récemment, les critères d'implantation ont été élargis :

- surdités sévères, fluctuantes ou asymétriques
- surdités réhabilitées par des PAC ne procurant pas un gain prothétique satisfaisant (scores d'intelligibilité en listes ouvertes inférieurs à 40%)
- certaines malformations d'oreille interne (décision au cas par cas)
- certains cas de polyhandicaps (Vieu et al. 2004)(113).

Parmi les contre-indications à l'implantation cochléaire, on retient notamment les cas de surdités imputables à une pathologie du nerf auditif, du tronc cérébral ou du cortex auditif. De plus, au-delà de 5 ans, en cas de surdité congénitale profonde ou totale non évolutive, l'implantation est contre-indiquée, sauf lorsque l'enfant a développé une appétence à la communication orale (HAS 2012)(45).

### ***II.1.b) Cas particulier de l'implantation cochléaire bilatérale***

Sont reconnus comme critères d'indication urgente indiscutable d'implantation bilatérale :

- Le risque d'ossification cochléaire bilatérale, notamment suite à la survenue d'une méningite bactérienne ou d'une fracture bilatérale du rocher (Teissier et al. 2013)(106).
- Le syndrome de Usher de type 1, du fait de la double déficience sensorielle (auditive et visuelle) qu'il implique (BIAP 2011)(5).

Dans les autres cas, les critères audiométriques d'indication sont une surdité profonde bilatérale et/ou l'absence d'un gain prothétique suffisant pour la compréhension de la parole (BIAP 2011)(5).

## **II.2) Le bilan pluridisciplinaire**

La décision d'implantation doit toujours être le fruit d'une réflexion au sein d'une équipe pluridisciplinaire et faire suite à un bilan pré-implantation méticuleux. Les différentes étapes détaillées ci-après sont à renouveler lorsqu'un deuxième IC est envisagé.

### ***II.2.a) Bilan médical***

Le bilan médical comporte plusieurs éléments :

- L'évaluation audiométrique et un examen clinique, réalisés par le médecin ORL.

- Le bilan vestibulaire, qui permet de révéler une éventuelle atteinte vestibulaire (aréflexie ou hyporéflexie), fréquemment associée à l'atteinte cochléaire.
- Le bilan morphologique, qui est réalisé *via* un bilan radiologique systématique.
- Le bilan génétique, qui est systématiquement réalisé dans le cadre du bilan étiologique sous réserve de l'accord parental.

(Ligny et al. 2006)(60) ; (Livet et al. 2006)(63) ; (Truy et al. 2003)(109)

### ***II.2.b) Bilan orthophonique***

L'entretien avec les parents permet d'évaluer leurs attentes, leurs motivations et leur disponibilité. L'orthophoniste recueille alors des informations sur l'histoire de la surdité de l'enfant et sa prise en charge. Il observe les interactions parents-enfant et joue un rôle d'information en expliquant le principe, les bénéfices, les limites et les contraintes de l'IC (Busquet et al. 2009)(14) ; (Vieu et al. 2004)(113).

L'évaluation directe de l'enfant porte sur :

- les perceptions auditives. L'orthophoniste utilise différentes épreuves telles que la détection de l'environnement sonore, la réponse à l'appel, la discrimination des paramètres de la parole ainsi que l'identification et la reconnaissance de mots et de phrases. L'évaluation perceptive peut être complétée par des échelles et des questionnaires écologiques tels que les adaptations françaises de l'échelle CAP (Categories of Auditory Performance) et du questionnaire MAIS (Meaningfull Auditory Integration Scale) (Vieu et al. 2004)(113).
- les compétences communicatives et langagières de l'enfant. L'orthophoniste apprécie la compréhension et les productions orales ou gestuelles de l'enfant. Comme pour l'évaluation perceptive, des échelles sont à sa disposition, telles que l'adaptation française de la MUSS (Meaningfull Use of Speech Scale) qui permet d'évaluer l'expression de l'enfant dans des situations quotidiennes. L'évaluation lexicale et syntaxique par des tests étalonnés peut être proposée si l'enfant est en âge. Enfin, il convient d'apprécier l'intelligibilité de la parole en la situant par exemple sur l'échelle SIR (Speech Intelligibility Rating scale) (Vieu et al. 2004)(113).

Les résultats obtenus sont précieux car ils permettront d'apprécier l'évolution des capacités de l'enfant après l'implantation (Vieu et al. 2004)(113).



Une fois ces bilans ainsi que l'entretien psychologique réalisés, la décision d'implantation est discutée lors d'un staff rassemblant tous les membres de l'équipe pluridisciplinaire.

### **III. Les suites de l'implantation**

#### **III.1) Suivi post-implantation**

##### ***III.1.a) Réglages et suivi ORL***

Le délai d'activation de l'IC varie d'une équipe thérapeutique à l'autre. À l'hôpital Necker, l'activation a lieu dix à quinze jours après la chirurgie si la cicatrisation est satisfaisante. Par la suite, de nouveaux réglages sont effectués parallèlement à la maturation des fibres nerveuses. Une dizaine de réglages est souvent nécessaire la première année puis les rendez-vous s'espacent. Durant le réglage, il convient de paramétrer la stimulation électrique nerveuse pour chaque électrode en respectant la tonotopie cochléaire. Le régleur vise une dynamique acoustique de qualité, mesurable au niveau des seuils perceptifs objectifs. Les premiers réglages sont réalisés avec une grande prudence, et ce d'autant plus lorsque l'enfant est jeune et que les réglages ne peuvent s'effectuer que par une observation comportementale. La sensation auditive ne doit en aucun cas être douloureuse faute de quoi l'investissement de l'IC par l'enfant pourrait être compromis (Ligny et al. 2006)(60). Pour minimiser ce risque, le régleur peut s'appuyer sur des mesures électro-physiologiques telles que la réponse nerveuse par télémétrie (NRT) (Sampaio et al. 2011)(94).

En parallèle, des rendez-vous avec l'ORL sont régulièrement programmés, permettant notamment de réaliser un bilan audiométrique afin de suivre l'évolution des seuils.

##### ***III.1.b) Bilans orthophoniques***

Des bilans orthophoniques sont régulièrement réalisés dans le centre d'implantation. Ils permettent de rendre compte des bénéfices de l'IC ainsi que de l'évolution de l'enfant afin d'adapter au mieux la rééducation orthophonique et parfois d'aider à l'ajustement des réglages (Vieu et al. 2004)(113). À l'hôpital Necker, sauf difficultés particulières nécessitant des rendez-vous plus fréquents, l'enfant est vu 3, 6, 12, 18 et 24 mois après l'implantation. Ensuite le bilan a lieu une fois par an puis, tous les deux ans à partir de 6 ans post-implantation.

### Compétences perceptives

La perception est évaluée avec du matériel sonore varié, selon différentes étapes auditives (cf A.I.3) (Loundon et al. 2009)(66). L'IC est censé permettre une imprégnation sensorielle de qualité « boostant » le franchissement de ces étapes (Ligny et al. 2006)(60).

L'orthophoniste s'attache à évaluer la perception des bruits et de la parole. L'audiométrie vocale est réalisée au moyen de listes fermées ou ouvertes, adaptées à l'âge et au niveau linguistique de l'enfant (Vieu et al. 2004)(113), par exemple (Loundon et al. 2009)(66) :

- mots polysyllabiques : listes pour petits de J.C. Lafon, listes de Saussus et Boorsma, listes de mots dissyllabiques de J.E. Fournier, listes pour les grands de J.C. Lafon
- mots monosyllabiques : adaptation française du test PBK, test phonétique de J.C. Lafon, listes de J.E. Fournier
- phrases : TEPPP, listes de J.E. Fournier, de P. Combescure, HINT, MMBA...

Dès que possible, ces tests sont réalisés dans une cabine audiométrique, qui permet l'émission de la parole à intensité constante et le calibrage du rapport signal sur bruit (RSB) pour l'évaluation en contexte bruyant (Loundon et al. 2009)(66).

La présence d'une prothèse controlatérale (PCL) ou d'un second IC implique l'étude de leur apport respectif mais aussi de la qualité de leur complémentarité, qui n'est pas toujours satisfaisante. De plus, on peut apprécier l'apport des modes de complémentarité de l'audition : lecture labiale, signes de la Langue des Signes Française (LSF) ou Langage Parlé Complété (LPC) (Loundon et al. 2009)(66).

### Compétences communicatives

L'orthophoniste apprécie les compétences communicatives de l'enfant en analysant divers éléments comme la spontanéité de ses échanges, la communication préverbale (regards, gestes...) et les prérequis au langage (Busquet et al. 2009)(14).

### Parole

La qualité de la parole de l'enfant est liée à ses capacités perceptives (notion de boucle audio-phonatoire). Aussi l'orthophoniste évalue-t-il l'intelligibilité de la parole, l'articulation et la phonologie, éléments précieux pour interpréter les réponses de l'évaluation perceptive. En effet, il est important de distinguer ce qui relève de difficultés perceptives ou d'un trouble articulatoire/phonologique dans les productions de l'enfant (Busquet et al. 2009)(14).

### Compétences langagières

Afin d'évaluer le niveau lexical et syntaxique de l'enfant, l'orthophoniste s'appuie sur son sens clinique ainsi que sur des tests étalonnés. Il est important de bien distinguer perception auditive et compréhension. En effet, l'un des objectifs de l'implantation est une appropriation langagière par le biais de l'audition. De plus, l'évaluation langagière peut aider à l'interprétation des épreuves perceptives mettant en jeu du matériel linguistique (Busquet et al. 2009)(14).

Le bilan orthophonique post-implantation est l'occasion de repérer des éléments d'alerte concernant l'évolution linguistique. En permettant bien souvent une réhabilitation auditive de qualité, l'IC « laisse espérer une évolution linguistique orale, sinon régulière, du moins significative ». Ainsi, il permet de favoriser la précocité du diagnostic des troubles neurolinguistiques (Loundon 2004)(68).

## **III.2) Les bénéfices de l'implantation cochléaire**

### *III.2.a) Facteurs influençant les résultats de l'implantation cochléaire*

Les bénéfices de l'IC en termes de compétences perceptives, productives et langagières, ne sont plus à démontrer (Cochard et al. 2004)(19). Il n'en demeure pas moins une variabilité interindividuelle des performances. Celle-ci est à mettre en lien avec l'existence de facteurs prédictifs, dont certains font encore consensus (Bergeron 1992)(3).

### Des facteurs en lien avec la déficience auditive

- L'âge d'apparition de la surdité et la durée de privation sensorielle (Bergeron 1992)(3).
- L'âge du diagnostic de la surdité (Boons et al. 2013)(10).
- L'âge au moment de l'implantation constitue un paramètre prédictif particulièrement prégnant si on l'étudie en regard du développement auditif et langagier. L'implantation avant l'âge de deux ans favorise le bon développement du langage oral de l'enfant (Loundon 2009)(69) ; (Sharma et al. 2012)(100).
- Le degré de surdité (Bergeron 1992)(3).
- Le caractère évolutif de la surdité (Loundon 2009)(69).
- L'existence d'une audition résiduelle (Loundon 2009)(69).

- Sont également étudiées l'influence de l'étiologie de la surdité, l'intégrité du système nerveux central, l'ossification cochléaire ainsi que les données en lien avec la quantification des fibres nerveuses fonctionnelles résiduelles (Bergeron 1992)(3).

#### Des facteurs individuels

- Les habiletés cognitives et les capacités intellectuelles (Ligny et al. 2006)(60).
- La présence de troubles associés (Boons et al. 2013)(10) ; (Özdemir et al. 2013)(86).
- La durée du port de l'IC (Bergeron 1992)(3) ; (Boons et al. 2013)(10).

#### Des facteurs externes

- L'environnement familial : attentes et implication des parents (Ligny et al. 2006)(60), niveau socio-culturel (Le Normand et al. 2014)(84), comportement parental, apport langagier et modes de communication (Bergeron 1992)(3) ; (Mouvet et al. 2013)(79).
- L'évolution dans un contexte de bilinguisme (Boons et al. 2013)(10).
- La rééducation orthophonique (Bergeron 1992)(3).
- La stratégie de codage (Bergeron 1992)(3).

### ***III.2.b) Apports de l'implant cochléaire bilatéral***

Coez et al. ont démontré les bénéfices de l'implant bilatéral en termes d'activations cérébrales et de capacités perceptives. Chez des adultes implantés bilatéraux, ils montrent qu'une stimulation auditive binaurale engendre de meilleurs résultats qu'une stimulation monaurale. Cette observation est à mettre en lien avec une activation bilatérale des aires temporales ainsi que le recrutement de régions fronto-pariétales droites impliquées dans l'attention, lorsque la stimulation est binaurale (Coez et al. 2013)(20).

Les bénéfices de l'implant bilatéral ont également été démontrés en termes de développement des habiletés communicatives préverbaux (Tait et al. 2010)(104) et de développement langagier (Wie 2010)(116). En comparaison avec des enfants implantés unilatéralement, de meilleures compétences narratives sont constatées chez les enfants implantés bilatéralement (Boons et al. 2013)(10). Selon Scherf et al., l'implant cochléaire bilatéral engendrerait d'importants bénéfices au niveau de l'intelligibilité de la parole, de la qualité de vie, de la scolarité et du mode de communication (Scherf et al. 2009)(96).

Enfin, l'implantation bilatérale favorise l'amélioration de l'intelligibilité de la parole dans le bruit et de la localisation spatiale des sons (cf. C) (Deys et al. 2004)(28) ; (Lammers et al. 2014)(52).

## **PARTIE C : LA PERCEPTION AUDITIVE DANS LE BRUIT**

---

*(Rédaction commune)*

### **I. Éléments de psychoacoustique concernant la stéréophonie**

#### **I.1) Quelques définitions**

##### ***I.1.a) Le bruit***

Le bruit de fond est composé de bruits stationnaires, fluctuants répétitifs, impulsionnels ou comportant des « événements acoustiques prévisibles ou imprévisibles » (Legent et al. 2011e)(59). Les bruits stationnaires prennent des colorations différentes selon leur organisation spectrale. Ils sont dits blancs quand tous les sons y sont représentés, colorés quand ils n'en sont l'expression que d'une partie seulement (Vergnon 2008b)(111).

En matière d'audition, le bruit de fond concernerait « tout son perturbant l'audibilité ou la compréhension d'un signal, voix ou autre bruit » (Chays 2008)(16). Le système auditif doit alors réaliser un tri nécessaire à la compréhension du message. L'oreille analyse les différences et les similitudes des informations sonores aux niveaux fréquentiel, énergétique et temporel afin de caractériser et classer les sons. Ces processus extrêmement complexes font de l'oreille un « organisateur d'aléatoire » très sophistiqué (Vergnon 2008b)(111).

##### ***I.1.b) Rapport signal sur bruit***

Le rapport signal sur bruit (RSB) est « la différence en décibels entre un signal, tel que la voix, et un bruit ». Il est positif lorsque la voix est émise à une intensité plus grande que celle du bruit et inversement (Legent et al. 2011d)(58) ; (Chays 2008)(16).

Le seuil de reconnaissance vocale (*SRT : Speech Recognition Threshold*) est le RSB qui correspond à la reconnaissance de 50% des items présentés (Legent et al. 2011c)(57).

#### **I.2) Binauralité et stéréophonie**

##### ***I.2.a) Particularités du système auditif central***

###### **Asymétrie d'activation**

L'activation du cerveau auditif est asymétrique : un son présenté de manière monaurale stimule préférentiellement le cortex auditif controlatéral. La majorité des fibres afférentes

croisant la ligne médiane, la voie controlatérale constitue « la principale voie d'activation du cerveau auditif » (Collet et al. 2004)(22). De même, le délai d'activation des hémisphères est asynchrone. L'information sonore arrive plus précocement dans l'hémisphère controlatéral à la stimulation (Renard et al. 2011)(92). Ces phénomènes ont été corroborés par les techniques d'imagerie fonctionnelle cérébrale (Collet et al. 2004)(22).

### Spécialisation hémisphérique

Chaque hémisphère cérébral serait programmé pour recevoir et traiter certaines informations. Ainsi, l'hémisphère gauche, qui reçoit préférentiellement les informations de l'oreille droite, code plutôt les aspects temporels de la parole. L'hémisphère droit, quant à lui, est plutôt impliqué dans l'appréciation des variations fréquentielles et serait privilégié en cas d'écoute en contexte bruyant (Collet et al. 2004)(22) ; (Renard et al. 2011)(92). Cette organisation centrale, à l'origine de l'écoute binaurale, est présente dès la naissance (Loundon et al. 2006)(70) ; (Renard et al. 2011)(92).

### ***1.2.b) Différence entre binauralité et stéréophonie***

La binauralité est définie comme « le fait d'entendre avec les deux oreilles » les sons qui proviennent de différentes sources sonores. Sa particularité réside dans l'aspect tridimensionnel de l'analyse des sons : verticalité, horizontalité et profondeur du son. L'audition binaurale serait supérieure à l'audition monaurale. Elle constitue la première étape pour l'accès à la fonction binaurale (CNA 1997)(17).

La fonction binaurale ou stéréophonie nécessite « l'indépendance anatomique et fonctionnelle des deux oreilles ». L'audition stéréophonique se base à la fois sur l'audition binaurale et sur la fonction binaurale (CNA 2007)(18). Elle nécessite un certain équilibre de notre système auditif (Korber et al. 2011)(50). Ainsi l'équilibre binaural et le volume de la tête entre nos deux oreilles sont à l'origine d'une « sensation stéréophonique » permettant d'apprécier l'horizontalité de la scène sonore (Deys et al. 2004)(28). Les informations stéréophoniques ont une aire dédiée à leur analyse au niveau cérébral (Cotte et al. 2006)(23). Le terme « stéréoacousie », proposé par Sedee en 1957, est parfois utilisé pour caractériser la sensation de stéréophonie (CNA 1997)(17) ; (Vincent 2008)(114).

### ***1.2.c) La fonction binaurale***

La fonction binaurale nécessite : (Deys et al. 2004)(28) ; (Vincent 2008)(114)

- d'entendre avec les deux oreilles (binauralité).
- une audition aussi symétrique que possible. En effet, un déséquilibre de sonie de plus de 10 dB entre les deux oreilles perturbe les effets de la fonction binaurale.
- l'indépendance fonctionnelle des deux oreilles.
- la liberté des mouvements de la tête.

Elle engendre des processus auditifs complexes qui vont au-delà de la simple addition des informations acoustiques (Cotte et al. 2006)(23). Les deux oreilles captent chacune le son émis avec des différences de temps, d'intensité et de fréquence. L'analyse de ces différences interauriculaires donne lieu à une appréhension très fine du monde sonore. La fonction binaurale est à l'origine de trois « phénomènes binauraux », mécanismes essentiels décrits ci-après (Landry et al. 2012)(53).

#### La localisation spatiale sonore

« Localiser une source sonore c'est identifier son azimuth (plan horizontal) et sa hauteur (plan médian), c'est-à-dire sa direction, puis la distance qui la sépare du capteur » (Deys et al. 2004)(28). Cette capacité résulte de l'analyse des différences interauriculaires de phase, de temps et d'intensité (CNA 1997)(17). Ces différences sont dues à l'ombre sonore créée par la tête et permettent l'estimation de la position spatiale de la source (CNA 1997)(17) ; (Landry et al. 2012)(53). L'effet d'ombre de la tête entre en jeu dès lors que la source sonore n'est pas placée en face du sujet. Il est considéré comme le phénomène binaural le plus efficace (Hawley et al. 2004)(46). Cependant, l'analyse cérébrale qu'il permet est plus fine pour les fréquences aiguës que pour les fréquences graves (Cotte et al. 2006)(23).

#### La perception du message dans le bruit

Ce mécanisme est aussi favorisé par l'efficacité de la fonction binaurale (cf. C.II).

#### La sommation binaurale

La sommation binaurale engendre une « amélioration du seuil de détection auditif » (Landry et al. 2012)(53). Cela revient donc à « doubler la puissance acoustique » au niveau central (Deys et al. 2004)(28). Au seuil de perception, l'augmentation est d'environ 3 dB et avoisine les 6 dB lorsque le sujet a une sensation d'intensité (sonie) d'environ 35 dB (CNA

1997)(17). Au-delà de l'augmentation de sonie, certains auteurs soulignent une amélioration de la discrimination fréquentielle (Landry et al. 2012)(53).

## **II. La perception auditive dans le bruit chez le sujet entendant**

### **II.1) Mécanismes qui sous-tendent l'intelligibilité de la parole dans le bruit**

Dans un contexte bruyant, la parole peut être masquée. Le système auditif doit donc être assez performant pour pallier le manque d'informations acoustiques et faire émerger le signal de parole du magma sonore masquant. Des mécanismes extrêmement complexes, tributaires de l'audition binaurale, sont à l'origine de ce phénomène (CNA 1997)(17).

#### ***II.1.a) Rôle du système nerveux central***

La voie auditive efférente est assez méconnue. Cependant, le complexe olivaire médian, et donc le système nerveux central, impacterait les capacités d'intelligibilité dans le bruit. En effet, la suppression des oto-émissions acoustiques controlatérales à la stimulation - un des deux réflexes protecteurs de la cochlée avec le réflexe stapédien - serait corrélée avec les performances perceptives des sujets dans le bruit (Tokgoz-Yilmaz et al. 2013)(107). L'audition dans le bruit n'est donc pas qu'une affaire de perception mais met en jeu de nombreux mécanismes dont les rôles ne sont pas encore définis avec certitude.

#### ***II.1.b) Analyse spectro-temporelle du signal***

L'analyse fréquentielle des sons provenant de différentes sources sonores ainsi que les informations acoustiques temporelles entrent en jeu dans la perception auditive dans le bruit (Renard et al. 2011)(92). Le système auditif extrait de chaque bande de fréquences l'enveloppe temporelle du message (informations temporelles lentes) ainsi que sa structure temporelle fine (informations temporelles rapides). L'absence ou la réduction des informations de structure temporelle fine - fluctuations d'amplitude entre 600 Hz et 5 kHz - entrave fortement le démasquage de la parole dans un bruit de fond fluctuant (Desaunay et al. 2007)(27) ; (Füllgrabe et al. 2006)(38) ; (Lorenzi et al. 2006)(65).



### ***II.1.c) Démasquage binaural et importance des vallées du bruit de fond fluctuant***

L'intelligibilité de la parole dans le bruit est souvent associée aux capacités de démasquage de la parole, processus à la fois sensoriel et cognitif (Füllgrabe et al. 2006)(38) ; (Meyer et al. 2007)(73). Chez le normo-entendant (NE), le système auditif a la capacité de ségréger la parole du bruit environnant afin de la faire émerger. (Deys et al. 2004)(28) ; (Legent et al. 2011d)(58) ; (Meyer et al. 2007)(73).

Concernant la nature du bruit de fond, la plupart des études montrent l'effet délétère d'un bruit stationnaire sur la compréhension du signal de parole (Festen et al. 1990)(34) ; (Gnansia 2009)(41) ; (Peters et al. 1998)(89) alors même que la compréhension est préservée lorsque le bruit est fluctuant (Miller et al. 2005)(74). Les pics et les creux (appelés vallées) qui le constituent sont le résultat de fluctuations temporelles et spectrales. Le sujet peut alors s'appuyer sur les informations captées lorsque le RSB est plus favorable pour reconstituer le message (Chays 2008)(16) ; (Gnansia 2009)(41).

### ***II.1.d) Analyse des scènes auditives***

Paquier s'appuie sur les travaux de Bregman pour décrire la capacité du système auditif à analyser les scènes auditives. En effet, la perception de la parole dans le bruit repose sur un mécanisme de « groupement/ségrégation » des différents sons qui constituent la scène sonore (selon les indices spectraux, temporels, et spatiaux) de façon simultanée ou séquentielle. Lorsque l'apparition des sons est séquentielle, le système auditif peut grouper les caractéristiques acoustiques provenant d'une même source sonore. Ce mécanisme est particulièrement impliqué dans la perception de la parole dans le bruit (Paquier 2013)(87).

### ***II.1.e) Localisation spatiale***

La localisation spatiale ainsi que l'effet d'ombre de la tête jouent un rôle crucial dans la compréhension du message en présence de bruit de fond. Localiser signifie « séparer dans l'espace les sources des voix et de bruits perturbants » (CNA 1997)(17). L'intelligibilité augmenterait significativement (jusqu'à 25%) lorsque les sources sont séparées (Litovsky 2005)(61) ; (Vincent 2008)(114). Si l'on parle en termes de SRT, l'élévation engendrée pourrait atteindre 7 dB (Paquier 2013)(87). De plus, localiser la source sonore va permettre au sujet de tourner la tête face à elle afin de profiter de l'effet de sommation binaurale. (CNA 1997)(17) ; (Landry et al. 2012)(53).

En conclusion, la fonction binaurale est à l'origine des mécanismes qui permettent de faire émerger la parole dans le bruit. Cependant, d'autres facteurs, physiologiques, psychologiques et cognitifs, influent sur la perception (Chays 2008)(16).

## **II.2) Analyse des performances chez l'adulte**

Certaines expériences ont tenté de mettre en évidence un seuil d'intelligibilité moyen pour le NE. Cependant, aucune ne permet de faire état d'une norme. En effet, la disparité des protocoles, le matériel linguistique utilisé, la nature et les caractéristiques acoustiques du bruit émis ainsi que celles de la pièce rendent impossible les comparaisons des différents résultats recueillis. Wilson et al. rapportent des différences significatives entre les SRT pour les mots et les phrases. Ainsi, le SRT atteint 4 dB pour les mots et -2 dB pour les phrases (Wilson et al. 2005)(117). Certaines études ont illustré le rôle de la nature du bruit de fond sur les performances avec les phrases HINT. Elles rapportent un SRT de -3 dB pour les bruits stationnaires et jusqu'à -22,6 dB pour les bruits les plus modulés (Nelson et al. 2004)(82) ; (Peters et al. 1998)(89). Enfin, un effet d'entraînement est retrouvé dans des conditions de bruit fluctuant mais pas de bruit stationnaire (Rhebergen et al. 2008)(93).

L'étude de Goujon a essayé de rendre compte du RSB correspondant au maximum d'intelligibilité ainsi que du seuil de reconnaissance (SRT) de sujets NE sur différents matériels linguistiques (Goujon 2013)(43). Les résultats sont les suivants :

- Pour les logatomes de Dodelé, le RSB est de +6 dB et le SRT de -4,5 dB.
- Pour les mots monosyllabiques de Fournier, le RSB est de +6 dB et le SRT de +0,75 dB.
- Pour les mots dissyllabiques de Fournier, le RSB est de +6 dB et le SRT de -2 dB.
- Pour les phrases de Combescure, le RSB est de +6 dB et le SRT de + 0,5 dB.

## **II.3) Analyse des performances chez l'enfant**

L'audition dans le bruit chez l'enfant NE a été très peu étudiée. Cependant, quelques études ont mis en évidence des différences par rapport à l'adulte. Ainsi, dans l'étude de Litovsky (Litovsky 2005)(61), le SRT des enfants testés était plus élevé que celui des adultes. L'étude de Laroche et al. (Laroche et al. 2006)(54) met aussi en évidence des SRT significativement moins bons chez l'enfant sur les phrases HINT. Cependant, l'effet n'est plus significatif vers l'âge de 13 ans. Cet âge-pivot est aussi retrouvé dans l'étude de Stuart (Stuart 2008)(101). Les auteurs tentent d'expliquer ce phénomène par le défaut de

maturation des voies auditives centrales, les stratégies d'écoute moins efficaces, le manque d'expérience auditive ou les difficultés à combler des informations sonores partielles par des processus cognitifs et langagiers encore immatures (Laroche et al. 2006)(54) ; (Litovsky 2005)(61) ; (Stuart 2008)(101).

### **III. Évaluation de la perception auditive dans le bruit**

#### **III.1) Enjeux de l'évaluation**

Les performances perceptives dans le bruit ne peuvent être prédites fiablement sur la base des audiogrammes dans le silence (Laroche et al. 2006)(54) ; (Taylor 2003)(105) ; (Wilson et al. 2005)(117). En effet, les déficits supraliminaires temporels et spectraux à l'origine des troubles de démasquage de la parole ne sauraient être expliqués à partir des seuils audiométriques tonals (Gnansia 2009)(41).

Ainsi, il est essentiel de s'attacher à l'évaluation de l'audition dans le bruit (Legent et al. 2011c)(57), et ce d'autant plus que de nombreux progrès ont été réalisés dans le domaine de l'audioprothèse. De plus, la plainte principale des patients appareillés porte souvent sur l'écoute en milieu bruyant (Killion et al. 2004)(47).

L'évaluation perceptive dans le bruit est utile pour l'adaptation prothétique. Elle permet de choisir l'amplification la mieux adaptée aux difficultés du patient, de lui montrer l'importance de la stéréophonie et les bénéfices qu'il peut attendre ou non de son appareillage (Taylor 2003)(105) ; (Wilson et al. 2005)(117). Dans le silence, l'appareillage stéréophonique ne procure qu'une légère amélioration du gain d'intensité par rapport à l'appareillage monaural. En revanche, dans le bruit, il permet d'améliorer considérablement l'intelligibilité (Legent et al. 2011c)(57).

Malgré le développement de tests spécifiques, les professionnels sont encore trop peu à les inclure systématiquement dans leur évaluation. Parmi les causes incriminables figurent l'allongement du temps d'évaluation ainsi que le manque de normes de référence (Wilson et al. 2005)(117). De plus, les protocoles d'évaluation étant multiples, la comparaison des résultats inter-équipes est difficile (Legent et al. 2011c)(57).

### **III.2) Matériel linguistique**

En audiologie clinique, la perception dans le bruit est évaluée *via* une audiométrie vocale dont le matériel varie selon les objectifs du testeur (Laroche et al. 2006)(54).

Les chercheurs s'accordent à dire que les mots monosyllabiques sont peu représentatifs de la dynamique naturelle de la parole. En revanche, le débat portant sur l'utilisation préférentielle de mots dissyllabiques ou de phrases n'est à ce jour pas clos. Certains jugent les phrases plus représentatives des situations d'écoute quotidiennes. D'autres affirment que le mot, unité fondamentale de la perception de la parole, permet une évaluation perceptive plus « pure ». Dans la pratique clinique, il demeure le type de stimulus le plus fréquemment employé (Wilson et al. 2005)(117).

L'importance relative de l'équivalence phonémique et de l'équilibrage phonétique d'un test est aussi une controverse très prégnante dans la littérature (Laroche et al. 2006)(54).

### **III.3) Matériel sonore**

La norme ISO 8253-3 fournit des recommandations pour la pratique de l'audiométrie vocale en présence de bruit de fond (Legent et al. 2011c)(57).

Différents types de bruits de fond sont disponibles parmi lesquels :

- le bruit blanc (cf. I.1.a)
- le bruit aléatoire pondéré en fréquence non modulée
- les paroles enchaînées d'un locuteur unique
- le bruit de conversation entre plusieurs locuteurs, de nombre variable (*cocktail party*).  
(Deneulin et al. 2010)(26) ; (Legent et al. 2011c)(57)

Le contenu du masque influence l'intelligibilité. Ainsi, un bruit serait plus masquant lorsqu'il présente un contenu sémantique (Deneulin et al. 2010)(26). Les performances d'intelligibilité dans un bruit masqueur de type parolier varieraient même selon la langue utilisée dans ce bruit (Gautreau et al. 2012)(39).

### **III.4) Déroulement de l'évaluation**

La présentation du signal et du bruit peut s'effectuer au casque ou en champ libre, selon des configurations de haut-parleurs variées. Il est alors conseillé de présenter le signal de

parole dans un haut-parleur situé à un mètre, face au sujet, et de placer les haut-parleurs émettant le bruit à 45° de part et d'autre du haut-parleur central. Le signal de parole peut être émis directement par le testeur ou par CD (SFA 2006)(98) ; (SFA 2013)(99).

Deux modes opératoires sont possibles : soit la parole est émise à un niveau sonore constant (65 dB) alors que le niveau de bruit varie, soit le niveau de bruit est constant (souvent entre 60 et 65 dB) alors que le niveau vocal varie.

De même, deux mesures différentes peuvent être déterminées, à savoir :

- le score vocal en pourcentage pour une ou plusieurs valeurs fixées du RSB
- le seuil d'intelligibilité vocal (SRT) en diminuant progressivement l'intensité du signal vocal (Legent et al. 2011c)(57) ; (SFA 2013)(99).

### **III.5) Présentation de quelques épreuves vocales dans le bruit**

Les épreuves classiques de stéréo-audiométrie permettent de mettre en évidence l'intérêt de la stéréophonie et de la latéralisation des sources pour l'intelligibilité dans le bruit ou d'évaluer le handicap d'une audition monaurale (SFA 2013)(99). On distingue l'épreuve de discrimination spatiale dans le bruit selon Hirsch (Deys et al. 2004)(28) et l'épreuve codifiée par Decroix et Dehaussy (Vincent 2008)(114).

Certains tests, comme le *Connected Speech Test* (CST) ou le *Speech Perception in Noise test* (SPIN), mesurent l'identification de la parole selon un RSB fixe établi au préalable (Taylor 2003)(105). Le HINT et le Quick SIN visent quant à eux l'évaluation perceptive dans le bruit selon un RSB variable (Duncan et al. 2006)(32).

## **IV. La perception auditive dans le bruit chez le sujet sourd**

### **IV.1) Répercussions de la surdité**

Chez le sujet sourd, la perte auditive cochléaire engendre une dégradation prégnante des capacités de démasquage de la parole (Gnansia 2009)(41) ; (Meyer et al. 2007)(73) :

- Il n'y a pas de sommation centrale qui permette d'augmenter le signal de 6 dB lorsque la voix provient d'en face, dans le silence comme dans le bruit.
- L'élargissement des filtres de fréquence augmente nettement l'effet de masquage fréquentiel, particulièrement sur les basses fréquences (Chays 2008)(16).

- La dégradation des cellules ciliées entrave la perception des informations de structure temporelle fine des signaux de parole. De ce fait, contrairement au NE, les performances de démasquage dans un bruit masquant fluctuant ou continu ne diffèrent pas significativement (Gnansia 2009)(41) ; (Nelson et al. 2003)(81) ; (Paquier 2013)(87) ; (Summers et al. 2004)(103).
- On retrouve souvent des difficultés à exploiter les indices spatiaux pour séparer une cible d'un masque (Paquier 2013)(87).

#### **IV.2) Réhabilitation de la stéréophonie et systèmes spécialisés pour l'écoute en milieu bruyant**

« La réhabilitation de la stéréophonie permet une amélioration de la sonie de 6 dB à un niveau supraliminaire, une amélioration importante de l'écoute en milieu bruyant et une localisation spatiale de qualité » (SFA 2006)(98). La stéréophonie étant une notion très complexe qui repose sur de nombreux critères, l'appareillage bilatéral ne constitue pas une condition suffisante à sa réhabilitation. Cependant, la restauration d'une audition bilatérale est à privilégier chaque fois que cela est possible (Vincent 2008)(114).

L'apparition des prothèses auditives numériques a permis le traitement du signal et le développement d'aides techniques pour l'écoute en milieu bruyant. Aussi les prothèses actuelles peuvent-elles détecter l'environnement sonore et s'y adapter selon différents paramètres (Legent et al. 2011b)(56) :

- les microphones directionnels
- les réducteurs de bruits (débruiteurs)
- la création de programmes destinés à l'écoute en milieu bruyant.

Ces paramètres commencent à être intégrés aux IC pour les adapter au mieux à l'environnement sonore.

Malgré un réglage adapté des aides auditives, des difficultés d'intelligibilité peuvent persister dans certaines situations d'écoute. Afin de les minimiser, on dispose d'accessoires périphériques utilisant le WI-FI ou les hautes fréquences (HF) telles que les interfaces TV ou téléphone (Gerbaud 2013)(40). Le système du microphone HF serait « à ce jour le moyen le plus efficace d'améliorer le RSB dans un milieu bruyant (de 2 à 20 dB) » chez l'enfant (Lafleur 2010)(51).

### **IV.3) Études chez l'adulte et l'enfant implantés cochléaires**

#### ***IV.3.a) Apport de l'implant cochléaire par rapport aux prothèses auditives***

Une étude portant sur la reconnaissance de la parole dans le bruit a été réalisée auprès d'enfants sourds sévères ou profonds. Deux groupes ont été distingués : les enfants implantés cochléaires (avec PCL ou non) et les enfants porteurs de deux PAC. L'analyse des résultats a notamment révélé des performances significativement meilleures pour les enfants implantés, que le RSB soit fixé à +10 dB ou à 0 dB (Yang et al. 2012)(118).

#### ***IV.3.b) Apport de l'implant bilatéral par rapport à l'implant unilatéral***

##### Chez l'adulte

De nombreuses études démontrent les bénéfices de l'implantation bilatérale sur la perception dans le bruit (Buss et al. 2008)(15) ; (Mosnier et al. 2009)(78) ; (Müller et al. 2002)(80) ; (Ramsden et al. 2005)(91) ; (Schleich et al. 2004)(97).

##### Chez l'enfant

Lovett et al. montrent que les enfants implantés bilatéralement obtiennent de meilleurs scores que les enfants implantés unilatéralement à des épreuves perceptives dans le bruit. Cependant, ils soulignent que les performances des enfants implantés bilatéraux restent inférieures à celles des NE (Lovett et al. 2010)(71).

Peters et al. observent que l'implantation bilatérale, même séquentielle, permet d'accéder aux avantages de la binauralité. L'intelligibilité s'améliore progressivement, et ce encore six à douze mois post-implantation, prouvant l'importance de l'expérience auditive après l'implantation (Peters et al. 2007)(88).

Enfin, Kim et al. démontrent les bénéfices de l'IC bilatéral séquentiel sur l'audition dans le bruit. Ils précisent qu'un second IC devrait être proposé malgré un intervalle assez long entre les deux interventions car les bénéfices ne sont pas inexistantes (Kim et al. 2013)(48).

#### ***IV.3.c) Comparaison des conditions bimodale et bilatérale***

##### Chez l'adulte

Plusieurs travaux visent à comparer les performances perceptives de la parole dans le bruit chez des adultes implantés bilatéralement (condition bilatérale) et chez des adultes porteurs d'un IC et d'une PCL (condition bimodale).

Les résultats des diverses études divergent :

- Pour certains auteurs, il y aurait une supériorité de la condition bilatérale sur la condition bimodale (Schafer et al. 2011)(95).
- *A contrario*, d'autres affirment la supériorité de la condition bimodale. Selon Kokkinakis et al., elle permettrait de bénéficier davantage de l'intégration des informations redondantes en provenance des deux oreilles. Les auteurs expliquent que la prothèse auditive permet l'utilisation de fréquences graves additionnelles et d'informations temporelles indisponibles avec l'IC (Kokkinakis et al. 2014)(49).

#### Chez l'enfant

Les études aboutissent, comme chez l'adulte, à des résultats contradictoires.

Mok et al. constatent que dans la condition bilatérale comme bimodale, les enfants bénéficient de capacités de démasquage spatial. Celles-ci demeurent cependant moindres que celles de l'enfant NE. Ils remarquent aussi que les enfants implantés bilatéralement tirent plus d'avantages de l'écoute binaurale (Mok et al. 2007)(75).

Par la suite, les mêmes auteurs constatent un avantage en faveur de la condition bimodale lorsque le bruit vient de face. Ils précisent en revanche que la condition bilatérale semble fournir des avantages plus importants au quotidien (Mok et al. 2010)(76).

Litovsky et al. observent quant à eux de meilleurs scores d'intelligibilité dans le bruit pour les enfants porteurs de deux IC, même s'ils précisent que les enfants porteurs d'un IC et d'une PCL tirent également profit de leur écoute binaurale (Litovsky et al. 2006)(62).

En conclusion, il semble à ce jour ardu de déterminer la supériorité de l'une ou l'autre des deux conditions. La confrontation des résultats contradictoires des différents auteurs est à nuancer dans la mesure où les protocoles d'évaluation diffèrent selon les études.

#### ***IV.3.d) Perspectives pour les implants cochléaires***

Les IC actuels se basent principalement sur le codage fréquentiel tonotopique de la cochlée mais ne délivrent pas la structure temporelle fine du signal. Ces limites expliquent la gêne importante persistant souvent dans le bruit chez les sujets implantés (Gnansia 2009)(41).

L'intelligibilité dans le bruit est significativement moins bonne chez les implantés cochléaires que chez les NE. Une méthode d'estimation des capacités de démasquage en fonction de la cadence de fluctuation d'un bruit masquant a été mise au point par le GDR GRAEC. Les premiers résultats obtenus chez les adultes implantés révèlent que le



démasquage est en moyenne totalement aboli pour cette population. Toutefois, on note l'existence d'une variabilité interindividuelle (Meyer et al. 2007)(73).

Actuellement, le codage par les IC des indices de structure temporelle fine constitue un important sujet de recherche pour le développement de futurs processeurs vocaux (Gnansia 2009)(41) ; (Meyer et al. 2007)(73). Nie et al. ont créé un algorithme de traitement de la parole visant le codage de la structure temporelle fine par l'IC (Nie et al. 2005)(83). À défaut de pouvoir coder les informations de structure temporelle fine de manière satisfaisante, une augmentation du nombre de canaux devrait permettre d'améliorer les capacités de démasquage (Fu et al. 2005)(37) ; (Meyer et al. 2007)(73).

#### **IV.4) Bénéfices d'un entraînement auditif spécifique dans le bruit**

##### Chez l'adulte

À ce jour, il a clairement été démontré que l'entraînement auditif permet d'améliorer les performances perceptives des implantés cochléaires dans le silence. En revanche, le sujet de l'entraînement auditif dans le bruit reste encore à explorer (Oba et al. 2011)(85).

Certaines études récentes affirment qu'un entraînement spécifique doit être entrepris afin de potentialiser les performances perceptives dans le bruit. Les bienfaits pourraient même se généraliser à d'autres tâches que celles proposées lors de cet entraînement (Fu et al. 2008)(36) ; (Oba et al. 2011)(85).

L'entraînement dans le bruit doit être adapté à chaque patient. Le type de bruit, le RSB et la nature de la tâche peuvent varier. Borel et al. soulignent notamment qu'un texte présenté avec une voix concurrente d'intensité proche serait une condition écologique pouvant être proposée à des patients se plaignant de la compréhension en groupe (Borel et al. 2013)(11).

##### Chez l'enfant

Le sujet de l'entraînement auditif dans le bruit commence également à être étudié chez l'enfant. Sullivan et al. mettent notamment en évidence les bénéfices d'un entraînement auditif dans du bruit fluctuant chez des enfants souffrant d'une surdité moyenne à sévère et porteurs de deux PAC (Sullivan et al. 2013)(102).

# **PARTIE CLINIQUE**

*(Rédaction commune)*

## **I. Problématique et objectifs**

Dans notre partie théorique, nous avons abordé la perception auditive dans le bruit, son évaluation chez les sujets normo-entendants (NE) et sourds, adultes comme enfants.

La perception auditive dans le bruit chez les sujets sourds implantés cochléaires constitue un sujet de recherche important depuis quelques années. En effet, l'écoute en situation bruyante demeure un problème prégnant pour cette population, et ce malgré les avancées technologiques récentes. Si les auteurs s'accordent à dire que l'étude de la perception auditive dans le bruit constitue un enjeu majeur, les résultats des études divergent et peu d'entre elles sont ciblées sur l'enfant. L'évaluation de la perception auditive dans le bruit est une préoccupation récente. Auparavant, seules les épreuves perceptives dans le silence étaient réalisées. Les protocoles d'évaluation diffèrent d'une équipe thérapeutique à l'autre et il semble aujourd'hui important d'homogénéiser les pratiques.

Notre mémoire avait pour objectifs principaux de :

- Dresser un état des lieux de l'évaluation de la perception auditive dans le bruit des enfants implantés cochléaires dans le service de l'hôpital Necker : quelles sont les pratiques actuelles ?
- Étudier les performances perceptives dans le bruit des enfants implantés cochléaires âgés de 3 à 6 ans.
- Étudier les performances perceptives dans le bruit des enfants NE de même âge.

Ces différents points d'étude convergeaient tous vers un objectif unique, à savoir faciliter l'ajustement du protocole d'évaluation de la perception dans le bruit dans le service grâce à la connaissance des capacités perceptives dans le bruit des enfants NE.

Afin de guider notre démarche, nous nous sommes appuyées sur différentes hypothèses.

## **II. Hypothèses**

### **II.1) Hypothèses chez l'enfant normo-entendant**

**1** : Il y a une influence du rapport signal sur bruit (RSB) sur les performances perceptives dans le bruit : plus le RSB diminue, moins le pourcentage d'identification correct est élevé.

**2** : Il y a une influence de l'âge sur les performances perceptives dans le bruit : les résultats s'améliorent parallèlement à l'augmentation de l'âge des enfants.

**3** : Le degré de concentration des enfants influence leurs performances perceptives dans le bruit : plus les enfants sont concentrés, meilleures sont leurs performances.

**4** : Il y a un effet d'interaction entre l'âge et la concentration sur les performances perceptives dans le bruit.

**5** : Il y a un effet d'habituation : pour un même RSB, la liste 2 est en moyenne mieux réussie que la liste 1.

**6** : Les scores obtenus par l'enfant NE aux tests perceptifs sont corrélés avec les scores obtenus au questionnaire soumis aux parents. Ces scores reflètent :

- le degré d'entraînement auditif dans le bruit au quotidien
- le degré d'inconfort en contexte bruyant au quotidien
- le degré de difficultés à percevoir la parole dans le bruit au quotidien.

## **II.2) Hypothèses chez l'enfant sourd implanté cochléaire**

**7** : La réalisation de l'évaluation perceptive dans le bruit est en lien avec :

- 7A) le recul à l'implantation : plus le recul à l'implantation est grand, plus les orthophonistes réalisent l'évaluation dans le bruit.
- 7B) la modalité d'appareillage : d'une part, les enfants bénéficiant d'un appareillage binaural (IC+IC / IC+PCL) sont évalués plus précocement que les enfants appareillés de manière monaurale (IC seul). D'autre part, ils sont plus évalués dans le bruit.
- 7C) l'âge de l'enfant lors du bilan : plus l'enfant est âgé, plus les orthophonistes réalisent l'évaluation dans le bruit.
- 7D) les scores obtenus à l'audiométrie vocale dans le silence : meilleurs sont ces scores, plus les orthophonistes réalisent l'évaluation dans le bruit.

**8** : Plus le recul à l'implantation est grand, meilleurs sont les résultats dans le bruit.

**9** : Meilleurs sont les résultats dans le silence, meilleurs sont les résultats dans le bruit.

**10** : Les enfants appareillés de manière binaurale ont de meilleurs résultats que les enfants appareillés de manière monaurale.

**11** : Les enfants dont les seuils audiométriques tonals sont relativement symétriques ont de meilleurs résultats dans le bruit.

**12** : Les scores obtenus par l'enfant sourd implanté cochléaire aux tests perceptifs sont corrélés avec :

- le degré d'entraînement auditif dans le bruit au quotidien
- le degré d'inconfort en contexte bruyant au quotidien
- le degré de difficultés à percevoir la parole dans le bruit au quotidien.

### **III. Méthodologie de recherche**

#### **III.1) Population**

##### ***III.1.a) Enfants normo-entendants***

Trente enfants NE âgés de 3 ans à 6 ans et 11 mois ont été inclus dans l'étude (19 filles et 11 garçons) et répondaient aux critères d'inclusion suivants : une audition normale, la maîtrise de la langue française et un développement langagier sans difficultés particulières.

##### ***III.1.b) Enfants sourds implantés cochléaires***

###### Âge des enfants sélectionnés

Sur une population totale de 1313 enfants implantés cochléaires suivis dans le service d'audiophonologie de l'hôpital Necker, 189 étaient âgés de 3 à 6 ans en octobre 2013. Parmi ces 189 enfants, 49 ont été évalués au moins une fois dans le bruit au cours du bilan perceptif proposé lors des bilans orthophoniques de suivi (27 filles et 22 garçons).

Nous avons décidé de cibler notre étude sur les enfants de 3 à 6 ans car c'est à cet âge-là que les orthophonistes du service souhaitent débiter l'évaluation perceptive dans le bruit. En effet, l'évaluation dans le bruit à cet âge permet de refléter les compétences perceptives de l'enfant dans des situations plus écologiques et ainsi d'adapter la prise en charge en favorisant un entraînement auditif plus spécifique. De plus, la question de la mise en place éventuelle d'un micro HF, avant l'entrée au CP, émerge durant cette période.

### Type d'implantation

Parmi les 49 enfants inclus dans notre étude, 39 sont implantés unilatéralement (31 IC à droite et 8 IC à gauche) et 10 sont implantés bilatéralement (2 en simultané et 8 en séquentiel). La marque de l'IC est Cochlear pour la majorité des enfants (41) mais on compte aussi 3 IC de la marque Advanced Bionics et 4 de la marque MED-EL.

### Âge à l'implantation et étiologie de la surdité (cf. tableaux ci-dessous)

L'âge d'implantation varie de 7 mois à 5 ans et 5 mois.

Les bilans médicaux effectués pour les enfants rendent compte de différentes étiologies.

Âge d'implantation	Nombre de cas
Avant 1 an	8
Entre 1 et 2 ans	18
Entre 2 et 3 ans	13
Entre 3 et 4 ans	3
Entre 4 et 5 ans	5
Entre 5 et 6 ans	2

Étiologie	Nombre de cas
Inconnue	20
Connexine 26	12
Cytomégalovirus	8
Méningites	4
Aucune cause retrouvée	3
Syndrome de Waardenburg	2

### Âge d'apparition de la surdité

Les enfants implantés de l'étude présentent pour 45 d'entre eux une surdité congénitale dont 7 évolutives, et, pour les 4 autres, une surdité acquise (méningites).

### Modalité d'appareillage

Les données recueillies font état de 47 enfants ayant bénéficié d'un appareillage prothétique bilatéral avant l'implantation cochléaire.

Après l'implantation cochléaire, parmi les 39 enfants implantés unilatéralement :

- 11 n'ont pas bénéficié d'une PCL ou sur un laps de temps très court.
- 28 ont bénéficié d'une PCL. Parmi eux, 3 l'ont abandonnée faute d'une récupération auditive satisfaisante.

## **III.2) Présentation du protocole**

### ***III.2.a) Matériel***

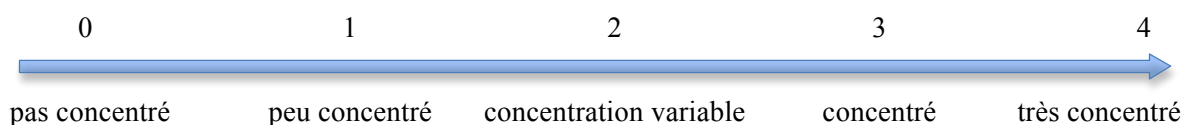
Tous les enfants inclus dans l'étude, NE comme implantés, ont été évalués dans une cabine audiométrique insonorisée.

### Chez l'enfant normo-entendant

L'évaluation de la perception auditive dans le bruit a été réalisée au moyen d'une épreuve d'audiométrie vocale portant sur des mots, à l'aide du logiciel DIGIVOX.

- Les listes de mots utilisées étaient celles de Saussus et Boorsma (cf. annexe 2).
- Le bruit utilisé était l'Onde Vocale Globale (OVG), constituée de l'enregistrement de quatre locuteurs, deux parlant français et deux parlant anglais. Ce bruit fluctuant s'apparente à un bruit de type *cocktail party*.
- Le bruit était émis à une intensité constante de 60 dB SPL et nous faisons varier l'intensité du signal afin de modifier le RSB par pas de 2 dB (programmation de DIGIVOX).

Afin de coter le niveau de concentration des enfants au cours de la passation, nous avons élaboré une échelle subjective allant de 0 à 4. Ainsi, à la fin de chaque passation, nous avons attribué une note à l'enfant concerné, en fonction de notre observation clinique.



De plus, nous avons élaboré un questionnaire écologique (cf. annexe 4) visant à refléter :

- l'environnement sonore dans lequel l'enfant évolue (plus ou moins bruyant)
- son inconfort en contexte bruyant : est-ce que le bruit l'incommode, y compris hors situations de communication ?
- ses difficultés à percevoir la parole dans le bruit.

### Chez l'enfant sourd implanté cochléaire

L'évaluation de la perception auditive dans le bruit a été réalisée par les orthophonistes du service, lors des bilans post-implantation. Les conditions de passation étaient identiques à celles décrites pour les enfants NE, excepté pour les deux points suivants :

- Les listes de mots pour enfants de Lafon ou de Saussus et Boorsma ont été utilisées (cf. annexe 2), selon l'âge et les capacités linguistiques de l'enfant au bilan.
- Le bruit était émis à intensité constante de (60 dB SPL), le RSB était fixe (+ 6 dB).

Tout comme pour l'enfant NE, nous avons élaboré un questionnaire écologique destiné aux parents des enfants implantés (cf. annexe 5). Ce questionnaire comporte les mêmes questions que pour l'enfant NE ainsi que des questions supplémentaires concernant l'appareillage et les aides apportées à la communication dans le bruit.

### ***III.2.b) Recueil des données***

#### Chez l'enfant normo-entendant

- *Sélection de l'échantillon*

Les enfants de l'étude ont été recrutés au sein de l'hôpital Necker ou dans notre entourage. Nous avons nous-mêmes procédé à l'évaluation perceptive de cette population. Dans un souci de fiabilité du recueil, tous les enfants ont été évalués dans la même cabine.

Lors de la prise de contact avec la famille de l'enfant, nous avons procédé à une brève anamnèse (cf. annexe 1) afin de :

- faire connaissance avec la famille
- s'assurer de la bonne maîtrise du français par l'enfant
- se renseigner sur ses antécédents médicaux, notamment au niveau ORL
- savoir s'il ne souffrait pas d'affection ORL susceptible de biaiser l'évaluation
- prendre brièvement connaissance du développement de la parole et du langage de l'enfant (un trouble articulaire étant par exemple à prendre en compte pour l'interprétation de ses réponses)

Aucun enfant n'a été exclu de l'étude sur les bases de cette anamnèse.

Ensuite, les enfants NE ont été soumis à une audiométrie vocale au casque dans le silence, oreilles séparées, à 35 dB (cf. annexes 2 et 3) afin de s'assurer de leur bonne audition (absence d'otites séro-muqueuses...). Six enfants n'ont pas obtenu 100% d'identification correcte de mots pour chaque oreille et ont ainsi été exclus de l'étude.

- *Évaluation perceptive dans le bruit* (cf. annexes 2, 3 et 8)

L'audiométrie vocale dans le bruit a été réalisée dans la cabine audiométrique utilisée par les orthophonistes de l'hôpital Necker pour évaluer les enfants implantés. Cette cabine comporte cinq haut-parleurs dont un diffusant le signal vocal à un mètre face au sujet. Les quatre autres diffusent le bruit de fond selon des dispositions symétriques, avec des angles d'incidence de 45°.

L'objectif était de déterminer le pourcentage d'identification correcte pour les RSB suivants : +6 (RSB proposé pour évaluer les enfants implantés), +4, +2, 0, -2, -4 et -6 dB. Pour un RSB donné, une liste réussie à 100% conduisait directement au RSB inférieur. Le cas échéant, une deuxième liste lui était proposée à ce même RSB et nous calculions la moyenne des deux listes présentées.

Dans un souci de préserver les ressources attentionnelles de l'enfant, si 100% de réussite était obtenu au RSB +6 dB, nous passons directement au RSB 0 dB. Si 100% de réussite était obtenu au RSB 0 dB, nous en déduisons un score identique pour les RSB + 4 et +2 dB. Ce fut le cas pour tous les enfants.

La passation des épreuves perceptives durait en moyenne un quart d'heure.

- *Questionnaire* (cf. annexes 4 et 9)

En parallèle, le questionnaire écologique était rempli par les parents et redonné à la fin de la passation. Par la suite, nous avons éliminé certaines questions jugées peu pertinentes pour notre étude. Les questions gardées dans la grille finale (cf. annexe 6) ont été regroupées en trois « domaines » donnant lieu à trois scores en fonction des réponses :

- un score d'entraînement auditif dans le bruit au quotidien sur 41 : plus le score est élevé, plus l'enfant évolue dans un environnement bruyant.
- un score d'inconfort en contexte bruyant au quotidien sur 4 : plus le score est élevé, plus la gêne est importante.
- un score reflétant le degré de difficultés à percevoir la parole dans le bruit au quotidien sur 20 : plus le score est élevé, plus les difficultés sont importantes.

#### Chez l'enfant sourd implanté cochléaire

- *Recueil de données dans le dossier médical*

Pour les 49 enfants âgés de 3 à 6 ans ayant été évalués dans le bruit, nous avons recueilli :

- la date de naissance, utilisée pour calculer l'âge aux différents bilans
- la date d'implantation, pour calculer le recul à l'implantation aux différents bilans
- les résultats obtenus aux épreuves vocales dans le silence et dans le bruit
- la modalité d'appareillage (IC seul, IC+PCL ou IC+IC)

Ces deux dernières données ont été recueillies pour chaque bilan orthophonique de suivi.

- *Évaluation perceptive dans le bruit*

Les 49 enfants de l'étude ont bénéficié de l'évaluation dans le bruit soit :

- dans la cabine audiométrique de l'hôpital Armand Trousseau, avant le déménagement du service à l'hôpital Necker, au printemps 2013
- dans la cabine audiométrique de l'hôpital Necker, depuis le printemps 2013 (la même que celle utilisée pour l'évaluation des enfants NE)
- dans ces deux cabines.



Pour les bilans réalisés à l'hôpital Armand Trousseau, le matériel linguistique et sonore était identique. En revanche, la cabine était plus grande et la configuration des haut-parleurs différente : les deux haut-parleurs à l'arrière avaient des angles d'incidence de 90°

- *Questionnaire* (cf. annexes 5 et 10)

Nous souhaitions soumettre le questionnaire écologique aux parents des 49 enfants implantés cochléaires inclus dans l'étude.

Au total, nous avons pu recueillir 43 questionnaires dûment complétés : 23 questionnaires ont été remplis lors d'un appel téléphonique, 14 lors d'un rendez-vous prévu avec l'orthophoniste référente du service, 3 ont été envoyés et retournés par mail, 1 a été envoyé puis retourné par courrier.

Sept questionnaires n'ont pas été récupérés pour les raisons suivantes : impossibilité de joindre les parents par téléphone (3 cas), non-retour de questionnaire envoyé par courrier ou par mail (2 cas), transfert du dossier médical et du suivi dans un autre hôpital (1 cas).

Tout comme pour le questionnaire de l'enfant NE, nous avons par la suite sélectionné les questions qui nous semblaient les plus pertinentes (cf. annexe 7) et déterminé :

- un score d'entraînement auditif dans le bruit au quotidien sur 45 : plus le score est élevé, plus l'enfant évolue dans un environnement bruyant.
- un score d'inconfort en contexte bruyant au quotidien sur 4 : plus le score est élevé, plus la gêne est importante.
- un score reflétant le degré de difficultés à percevoir la parole dans le bruit au quotidien sur 21 : plus le score est élevé, plus les difficultés sont importantes.

## **IV. Résultats**

Pour les analyses statistiques, le seuil de significativité de la probabilité retenu est  $p < 0,05$ .

### **IV.1) Chez l'enfant normo-entendant**

#### ***IV.1.a) Hypothèse 1***

*Il y a une influence du RSB sur les performances perceptives dans le bruit : plus le RSB diminue, moins le pourcentage d'identification correct est élevé.*

## Analyse descriptive

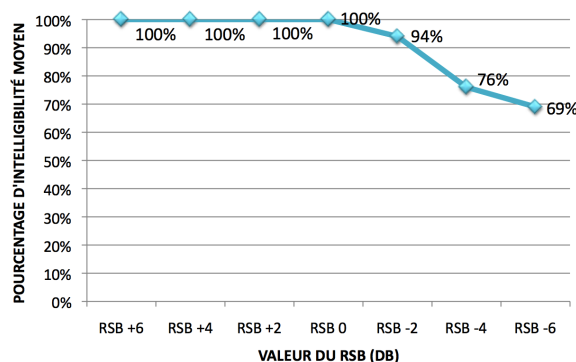


Figure 2 : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon le RSB

La figure 2 révèle une chute progressive des performances dès le RSB -2 dB. À partir de ce RSB, une deuxième liste a été proposée aux enfants n'ayant pas obtenu 100% à la première. L'analyse des résultats a été effectuée sur la moyenne de ces deux listes.

Pour chaque RSB, le nombre d'enfants ayant obtenu 100% d'intelligibilité parmi les trente enfants de l'étude a été comptabilisé (cf. tableau ci-après).

Valeur du RSB	Enfants ayant obtenu 100%
+ 6, +4, +2 et 0 dB	30
-2 dB	18
-4 dB	5
-6 dB	3

## Analyse statistique

La comparaison statistique des moyennes a été réalisée au moyen d'une ANOVA à mesures répétées pour les RSB 0, -2, -4 et -6 dB. Celle-ci révèle un **effet significatif du RSB sur l'intelligibilité dans le bruit** ( $F = 37,5225$  ;  $p < 0,001$ ). Le test HSD de Tukey a permis de mettre en évidence les paires de moyennes qui diffèrent significativement :

RSB	Valeur de la probabilité (p)
RSB 0 – RSB -2	$p = 0,3319$
RSB 0 – RSB -4	$p < 0,001$
RSB 0 – RSB -6	$p < 0,001$
RSB -2 – RSB -4	$p < 0,001$
RSB -2 – RSB -6	$p < 0,001$
RSB -4 – RSB -6	$p = 0,1969$

Tableau 1 : Différences de moyennes selon le RSB

En ce qui concerne les paires de RSB contigus, **les moyennes sont significativement différentes entre les RSB -2 et -4 dB ( $p < 0,001$ )**.

⇒ Ces observations tendent à confirmer l'hypothèse 1.

#### IV.1.b) Hypothèse 2

*Il y a une influence de l'âge sur les performances perceptives dans le bruit : les résultats s'améliorent parallèlement à l'augmentation de l'âge des enfants.*

##### Analyse descriptive

La figure 3 ci-après semble révéler une influence de l'âge sur les performances. La pente de diminution des performances est plus ou moins importante en fonction de l'âge. Aux RSB -4 et -6 dB, l'écart semble se creuser entre les enfants de 3-4 ans et ceux de 5-6 ans.

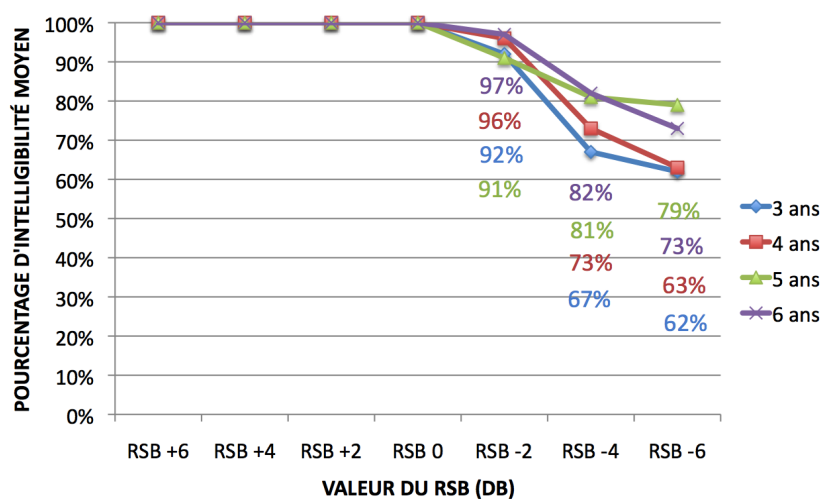


Figure 3 : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon l'âge et le RSB

##### Analyse statistique

- *En distinguant quatre groupes*

Premièrement, nous avons distingué quatre groupes : enfants de 3, 4, 5 et 6 ans. Ces groupes ayant des effectifs petits (entre 6 et 9 sujets), nous avons réalisé l'équivalent non paramétrique de l'ANOVA pour groupes indépendants - le H de Kruskal-Wallis - afin de comparer leurs moyennes.

RSB	Valeur du H de Kruskal-Wallis	Valeur de la probabilité (p)
RSB -2	H = 1,4128	p = 0,7025
RSB -4	H = 5,5681	p = 0,1346
RSB -6	H = 4,9109	p = 0,1784

Tableau 2 : Différences de moyennes selon l'âge (4 groupes) et le RSB

L'analyse statistique ne révèle pas de différences significatives entre les performances des enfants de ces quatre groupes d'âge.

- *En distinguant deux groupes*

Puis nous avons réparti les enfants en deux groupes d'âge : enfants de 3-4 ans et enfants de 5-6 ans. Nous avons réalisé un test de Student pour groupes indépendants, en comparant leurs moyennes aux différents RSB (-2, -4 et -6 dB).

RSB	Valeur du T de Student	Valeur de la probabilité (p)
RSB -2	t = 0,027736	p = 0,9781
RSB -4	t = 2,206959	<b>p = 0,0370</b>
RSB -6	t = 1,952262	<b>p = 0,0306</b>

Tableau 3 : Différences de moyennes selon l'âge (2 groupes) et le RSB

Les résultats révèlent une différence significative entre les deux groupes d'âge (3-4 ans vs. 5-6 ans) pour les RSB -4 (t = 2,206959 ; **p = 0,037**) et -6 dB (t = 1,952262 ; **p = 0,0306**).

**Il y a donc un effet de l'âge sur les performances qui semble s'accroître parallèlement à la diminution du RSB.**

⇒ Ces observations tendent à confirmer l'hypothèse 2.

### ***IV.1.c) Hypothèse 3***

*Le degré de concentration des enfants influence leurs performances perceptives dans le bruit : plus les enfants sont concentrés, meilleures sont leurs performances.*

#### Analyse descriptive

Parmi les cinq niveaux de concentration contenus dans notre échelle d'évaluation (de 0 à

4), seuls trois d'entre eux ont été attribués. Aussi avons-nous distingué trois groupes :

- 7 enfants avaient une concentration variable (niveau 2)
- 8 enfants étaient concentrés (niveau 3)
- 15 enfants étaient très concentrés (niveau 4).

La figure 4 ne semble pas montrer de différences majeures au niveau des performances selon le niveau de concentration. Cependant, pour le RSB -4 dB, les enfants les moins concentrés (niveau 2) obtiennent des résultats inférieurs à ceux des deux autres groupes.

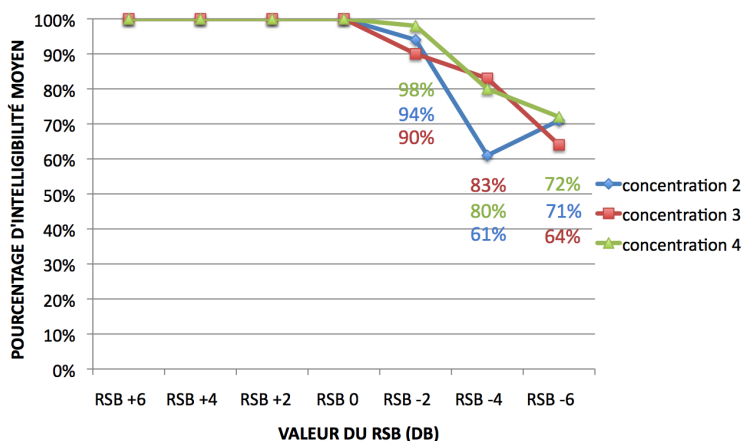


Figure 4 : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon le niveau de concentration et le RSB

### Analyse statistique

En raison du faible nombre de sujets présents dans chaque groupe, nous avons réalisé un test de Kruskal-Wallis. Ainsi avons-nous pu obtenir une probabilité de différence globale de moyennes entre les trois groupes de concentration aux différents RSB.

RSB	Valeur du H de Kruskal-Wallis	Valeur de la probabilité (p)
RSB -2	H = 3,4826	p = 0,1753
RSB -4	H = 10,2759	<b>p = 0,0059</b>
RSB -6	H = 1,1543	p = 0,5615

Tableau 4 : Différences de moyennes selon le niveau de concentration et le RSB

Aux RSB -2 et -6, le niveau de concentration n'influe pas significativement sur les scores. Au RSB -4, le niveau de concentration influe significativement sur les résultats (H = 10,2759 ; **p = 0,0059**). La comparaison des moyennes deux à deux grâce au test de comparaisons de Wilcoxon (équivalent non paramétrique du test HSD de Tukey) permet de dégager **une différence de performances significative entre les niveaux 4 et 2** (Z = 3,10516 ; **p = 0,0019**) ainsi qu'entre les niveaux **3 et 2** (Z = 2,36801 ; **p = 0,0179**).

En revanche, les différences de performances entre les groupes de concentration 3 et 4 ne sont pas significatives ( $Z = -0,39148$  ;  $p = 0,6954$ ).

En conclusion, nous pouvons affirmer que **le niveau de concentration n'influe significativement sur les performances des enfants qu'au RSB -4 dB.**

⇒ Ces observations ne tendent ni à confirmer, ni à invalider l'hypothèse 3.

#### *IV.1.d) Hypothèse 4*

*Il y a un effet d'interaction entre l'âge et la concentration sur les performances perceptives dans le bruit.*

Nous avons cherché à mettre en évidence un effet d'interaction entre les facteurs âge (3-4 ans vs. 5-6 ans) et niveau de concentration sur les performances. Pour cela, nous avons réalisé une ANOVA à deux facteurs dont les résultats sont les suivants :

RSB	Valeur de l'analyse de la variance F	Valeur de la probabilité (p)
RSB -2	F = 0,7577	p = 0,4796
RSB -4	F = 0,1408	p = 0,8694
RSB -6	F = 0,7904	p = 0,1776

**Tableau 5 : Effet d'interaction entre l'âge et la concentration sur les performances**

Les résultats montrent qu'il n'y a pas d'effet d'interaction entre ces deux facteurs. L'âge a le même effet sur les scores perceptifs dans le bruit quel que soit le niveau de concentration et inversement.

⇒ Ces observations ne permettent pas de confirmer l'hypothèse 4.

#### *IV.1.e) Hypothèse 5*

*Il y a un effet d'habitation : pour un même RSB, la liste 2 est en moyenne mieux réussie que la liste 1.*

#### Analyse descriptive

Chaque enfant a été soumis à une seconde liste pour un même RSB à chaque fois qu'il

n'obtenait pas 100% d'intelligibilité à la première. La figure 5 montre que le pourcentage moyen d'intelligibilité obtenu à la liste 2 est plus élevé que celui obtenu à la liste 1.

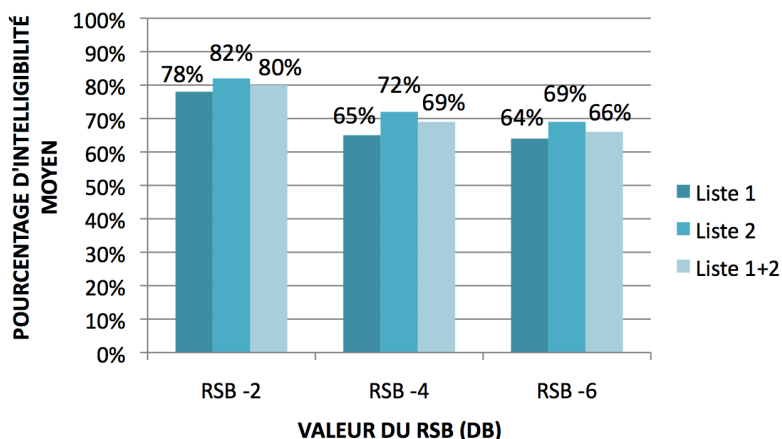


Figure 5 : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon la liste (1 ou 2) et le RSB

### Analyse statistique

RSB	Valeur du T de Student	Valeur de la probabilité (p)
RSB -2	t = 0,411377	p = 0,6887
RSB -4	t = 1,202279	p = 0,2410
RSB -6	t = 1,385805	p = 0,1776

Tableau 6 : Différences de moyennes selon la liste (1 ou 2) et le RSB

Nous avons réalisé un test de Student pour échantillons appariés. Les résultats ne mettent pas en évidence de différences significatives entre les performances aux listes 1 et 2, et ce pour chacun des trois RSB étudiés. Nous ne pouvons donc pas mettre en évidence d'effet d'habituation entre les deux listes.

⇒ Ces observations tendent à invalider l'hypothèse 5.

#### ***IV.1.f) Hypothèse 6***

*Les scores obtenus par l'enfant NE aux tests perceptifs sont corrélés avec :*

- *le degré d'entraînement auditif dans le bruit au quotidien*
- *le degré d'inconfort en contexte bruyant au quotidien*
- *le degré de difficultés à percevoir la parole dans le bruit au quotidien.*

## Analyse statistique

Nous avons cherché à mettre en évidence un éventuel lien de corrélation entre chacun des trois scores obtenus aux questionnaires et le score obtenu aux tests dans le bruit.

RSB	Score à corréler au pourcentage d'intelligibilité moyen	Valeur de la corrélation (r)	Valeur de la probabilité (p)
RSB -2	Entraînement dans le bruit	0,0785	p = 0,6802
	Inconfort en contexte bruyant	0,2556	p = 0,1729
	Difficultés de perception de la parole dans le bruit	<b>0,3783</b>	<b>p = 0,0393</b>
RSB -4	Entraînement dans le bruit	- 0,2477	p = 0,1868
	Inconfort en contexte bruyant	- 0,0443	p = 0,8163
	Difficultés de perception de la parole dans le bruit	- 0,0189	p = 0,9209
RSB -6	Entraînement dans le bruit	0,0182	p = 0,9240
	Inconfort en contexte bruyant	0,0008	p = 0,9966
	Difficultés de perception de la parole dans le bruit	<b>-0,4222</b>	<b>p = 0,0201</b>

Tableau 7 : Tableau de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les performances dans le bruit par RSB

Les résultats révèlent que les scores « entraînement dans le bruit » et « inconfort en contexte bruyant » obtenus au questionnaire ne sont pas significativement corrélés aux résultats obtenus lors des tests perceptifs dans le bruit.

Pour le score « difficultés de perception de la parole dans le bruit » :

- Au RSB -2, le score est faiblement corrélé aux résultats perceptifs ( $r \approx 0,3$  ;  $p < 0,05$ ).
- Au RSB -4 dB, on n'observe pas de lien de corrélation entre ce score et les résultats obtenus aux tests perceptifs dans le bruit.
- Au RSB -6 dB, le score est corrélé aux résultats perceptifs ( $r \approx -0,5$  ;  $p < 0,05$ ).

⇒ Ces observations ne tendent ni à confirmer, ni à invalider l'hypothèse 6.

## IV.2) Chez l'enfant sourd implanté cochléaire

### *IV.2.a) Observations relatives à l'évaluation de la perception auditive dans le bruit (analyse descriptive)*

Pour tous les enfants sauf un, nous avons constaté qu'une fois l'audiométrie vocale dans le bruit réalisée pour la première fois, celle-ci a été reproposée lors de tous les bilans orthophoniques ultérieurs de l'enfant.



Cette partie ne s'attache pas aux résultats dans le bruit des enfants implantés (traités dans la partie IV.2.b). Nous avons ici voulu étudier l'influence de quatre facteurs sur la réalisation de l'évaluation perceptive dans le bruit chez les enfants implantés cochléaires :

- le recul à l'implantation (hypothèse 7A)
- la modalité d'appareillage (hypothèse 7B)
- l'âge au moment du bilan orthophonique (hypothèse 7C)
- les scores obtenus à l'audiométrie vocale dans le silence (hypothèse 7D).

Hypothèse 7A : *Plus le recul à l'implantation est grand, plus les orthophonistes réalisent l'évaluation dans le bruit.*

L'évaluation perceptive dans le bruit est réalisée pour la première fois à un recul à l'implantation moyen de **24,7 mois**. Pour chaque recul, nous avons calculé le pourcentage d'enfants évalués dans le bruit parmi le nombre total d'enfants ayant eu un bilan orthophonique à ce recul.

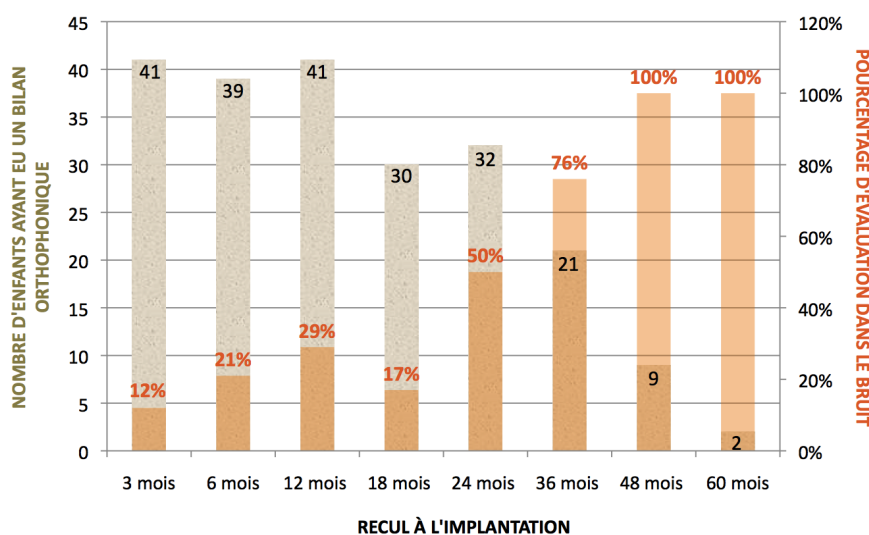


Figure 6 : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon le recul à l'implantation

Ex : 41 des 49 enfants de l'étude ont eu un bilan orthophonique 3 mois après l'implantation. Parmi eux, 12% ont été soumis l'évaluation perceptive dans le bruit.

On constate ainsi que **plus le recul à l'implantation est grand, plus les orthophonistes réalisent l'audiométrie vocale dans le bruit**. Cette observation n'est pas valable pour le recul 18 mois. Cela peut être dû au fait que ce bilan constitue « un bilan intermédiaire ».

⇒ L'analyse descriptive tend à confirmer l'hypothèse 7A.

Hypothèse 7B : D'une part, les enfants bénéficiant d'un appareillage binaural (IC + IC ou IC + PCL) sont évalués plus précocement que les enfants appareillés de manière monaurale (IC seul). D'autre part, ils sont plus évalués dans le bruit.

- *Tous reculs confondus*

Pour chaque modalité d'appareillage, nous avons calculé le pourcentage d'évaluation dans le bruit parmi le nombre total de bilans orthophoniques effectués pour cette modalité.

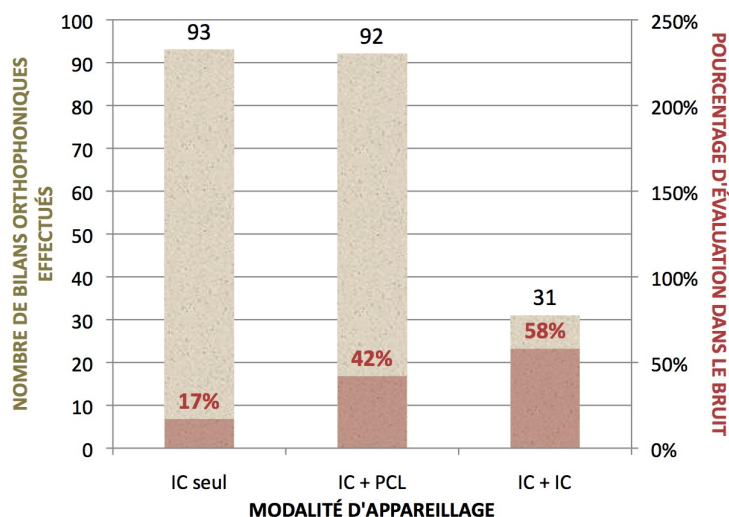


Figure 7 : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon la modalité d'appareillage tous reculs confondus

Ex : Tous reculs confondus, 93 bilans ont été effectués dans la condition d'appareillage « IC seul ». Dans 17% de ces 93 cas, l'évaluation perceptive dans le bruit a été proposée.

La figure 7 révèle que **les orthophonistes réalisent plus souvent l'évaluation dans le bruit lorsque l'appareillage est binaural par rapport à un IC seul. Les enfants implantés bilatéralement semblent même être plus souvent soumis à l'évaluation perceptive dans le bruit que les enfants bénéficiant d'un IC et d'une PCL.**

- *En distinguant les reculs à l'implantation*

Puis nous avons pris en compte chaque recul à l'implantation de manière distincte. La figure 8 ci-après montre l'évolution du pourcentage d'évaluation dans le bruit parmi le nombre total de bilans orthophoniques effectués à chaque recul.

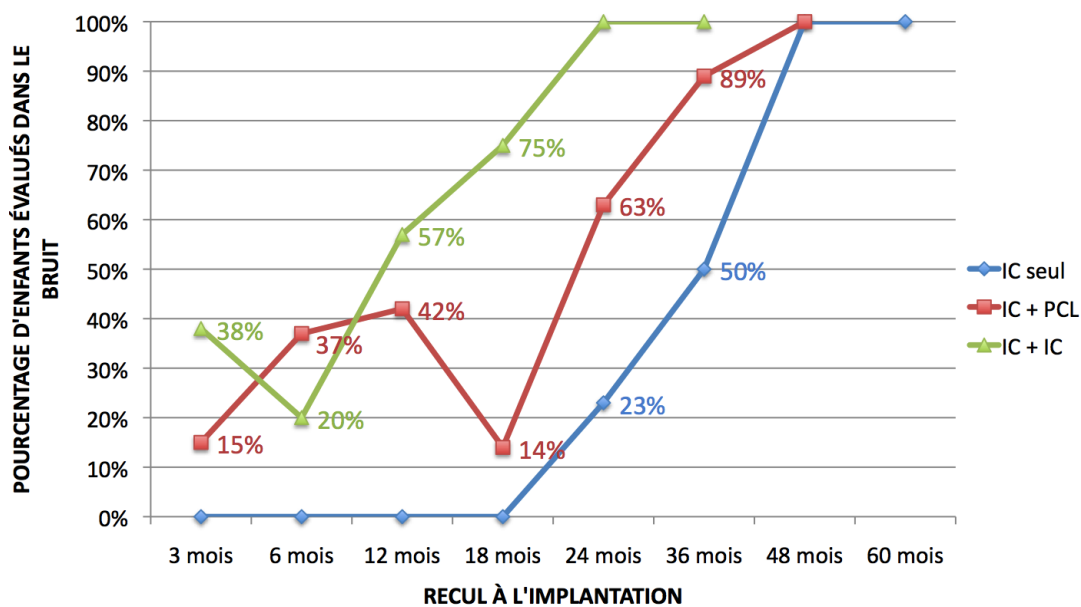


Figure 8 : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon la modalité d'appareillage et le recul

Recul à l'implantation	IC seul		IC + PCL		IC + IC	
	Enfants évalués	Enfants évalués dans le bruit	Enfants évalués	Enfants évalués dans le bruit	Enfants évalués	Enfants évalués dans le bruit
3 mois	20	0	13	2	8	3
6 mois	15	0	19	7	5	1
12 mois	16	0	19	8	7	4
18 mois	12	0	14	2	4	3
24 mois	13	3	16	10	3	3
36 mois	8	4	9	8	4	4
48 mois	7	7	2	2	0	0
60 mois	2	0	0	0	0	0

Tableau 8 : Nombre d'enfants ayant bénéficié d'une évaluation orthophonique et d'une évaluation dans le bruit par recul et par appareillage

Sur la figure 8, on constate que :

- Les enfants bénéficiant d'un appareillage binaural sont évalués dans le bruit plus précocement que les enfants porteurs d'un IC seul. Dans notre étude, ces enfants ne commencent en effet à être évalués dans le bruit que 24 mois post-implantation, contre 3 mois pour les enfants appareillés de manière binaurale.
- L'allure globale des courbes confirme les observations sur la figure 7 : les enfants IC+IC sont plus souvent évalués que les enfants IC+PCL. Ces derniers sont eux-mêmes évalués plus fréquemment que les enfants porteurs d'un IC seul.

⇒ L'analyse descriptive tend à confirmer l'hypothèse 7B.

Hypothèse 7C : Plus l'enfant est âgé, plus les orthophonistes réalisent l'évaluation dans le bruit.

L'évaluation dans le bruit a lieu pour la première fois à un âge moyen de **4 ans et 7 mois**. Pour chaque bilan orthophonique effectué, nous avons relevé l'âge des enfants (tous reculs confondus). Pour chaque âge, nous avons calculé le pourcentage d'évaluation dans le bruit parmi le nombre total de bilans orthophoniques effectués à cet âge.

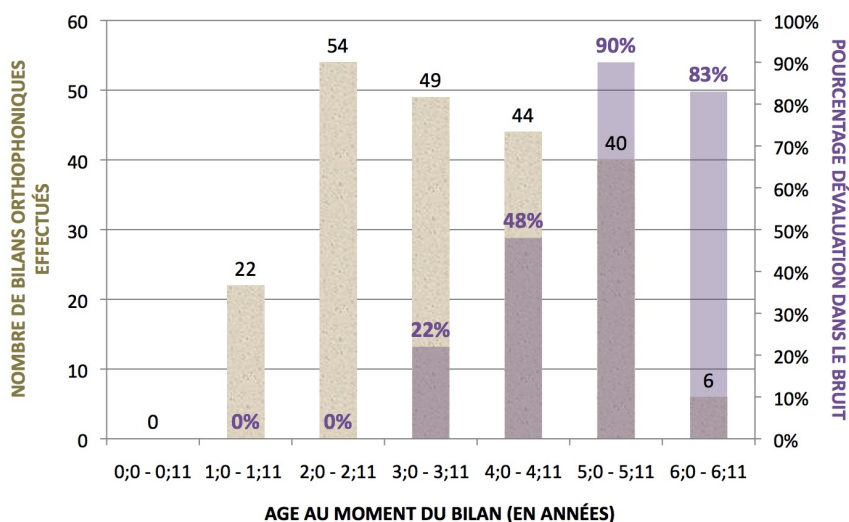


Figure 9 : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon l'âge de l'enfant au moment du bilan

Ex : 49 bilans orthophoniques ont été effectués alors que l'enfant avait entre 3 ans et 3 ans 11 mois. L'évaluation dans le bruit a été proposée pour 22% de ces 49 bilans.

La figure 9 révèle **une augmentation progressive du pourcentage d'évaluation dans le bruit parallèlement à l'augmentation de l'âge au moment du bilan**. Le pourcentage diminue légèrement à l'âge de 6 ans mais cette observation est à nuancer dans la mesure où le nombre de bilans effectués à cet âge est beaucoup plus faible (cette cohorte est donc difficilement comparable avec les précédentes).

⇒ L'analyse descriptive tend à confirmer l'hypothèse 7C.

Hypothèse 7D : Meilleurs sont les scores obtenus dans le silence, plus les orthophonistes réalisent l'évaluation dans le bruit.

Pour tous les enfants inclus dans l'étude, nous avons recueilli les pourcentages d'intelligibilité de mots dans le silence à chacun de leurs bilans orthophoniques. Nous

avons réparti ces scores en huit tranches (aucun enfant n'a obtenu un score inférieur à 20%). Tous reculs confondus et pour chaque tranche de scores, nous avons calculé le pourcentage d'enfants ayant été testés dans le bruit parmi le nombre total d'enfants ayant obtenu un score compris dans cette tranche.

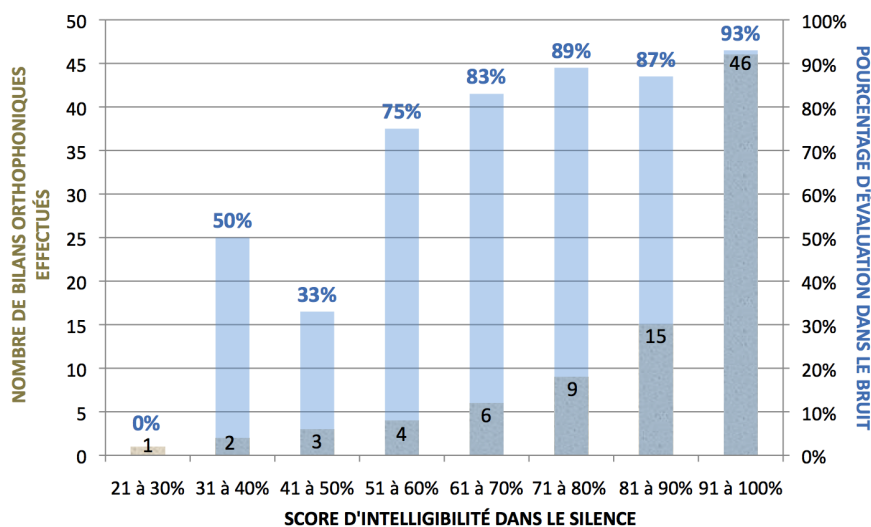


Figure 10 : Proposition de l'évaluation dans le bruit selon les scores obtenus dans le silence

Ex: Un score d'intelligibilité de mots dans le silence compris entre 91 et 100% a été obtenu 46 fois dans notre étude. Dans 93% de ces 46 cas, l'évaluation dans le bruit a été proposée.

Globalement, **le pourcentage d'évaluation dans le bruit semble augmenter parallèlement au score d'intelligibilité dans le silence.**

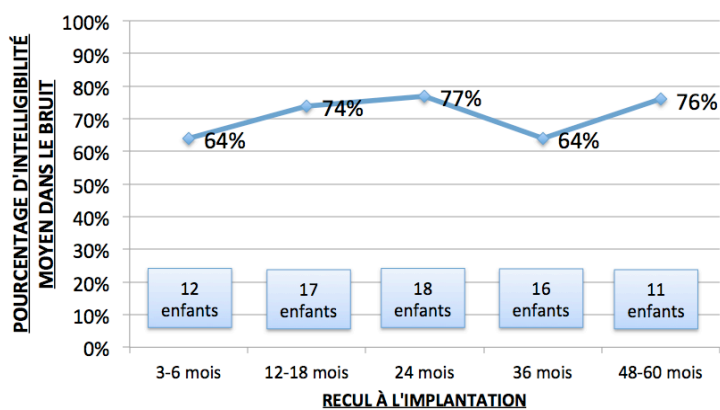
⇒ L'analyse descriptive tend à confirmer l'hypothèse 7D.

#### ***IV.2.b) Analyse des résultats***

Hypothèse 8 : *Plus le recul à l'implantation est grand, meilleurs sont les résultats dans le bruit.*

- *Analyse descriptive*

La figure 11 ci-après montre une amélioration progressive des performances, du recul 3-6 mois à 24 mois. La moyenne chute légèrement au recul 36 mois puis augmente à nouveau à 48-60 mois, avec un pourcentage d'intelligibilité moyen sensiblement identique à celui du recul 24 mois. Il est donc difficile de dégager une tendance nette et d'affirmer une réelle influence du recul à l'implantation sur les performances.



Recul	Enfants ayant obtenu 100%
3-6 mois	1/12
12-18 mois	1/17
24 mois	5/18
36 mois	0/16
48-60 mois	2/11

Figure 11 : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon le recul

Pour chaque RSB, le nombre d'enfants ayant obtenu 100% d'intelligibilité a été comptabilisé (cf. tableau ci-dessus).

- *Analyse statistique*

Nous avons réalisé le test H de Kruskal Wallis afin de comparer les moyennes des cinq groupes d'enfants répartis par recul à l'implantation. Celui-ci n'a pas révélé de différences significatives entre leurs moyennes ( $H = 8,0832$  ;  $p = 0,3253$ ).

⇒ Ces observations ne permettent pas de confirmer l'hypothèse 8.

Hypothèse 9 : *Meilleurs sont les résultats dans le silence, meilleurs sont les résultats dans le bruit.*

L'analyse statistique met en évidence un lien de corrélation entre ces deux résultats ( $r = 0,3621$  ;  $p = 0,0098$ ).

⇒ Cette observation tend à confirmer l'hypothèse 9.

Hypothèse 10 : *Les enfants appareillés de manière binaurale ont de meilleurs résultats que les enfants appareillés de manière monaurale.*

Pour tester cette hypothèse, nous avons jugé plus pertinent de distinguer les résultats selon le recul à l'implantation. Cependant, l'analyse statistique est rendue difficile du fait du faible nombre ou de l'absence d'enfants dans chacun des trois groupes : IC seul, IC+IC et IC + PCL (cf. tableau 8, p. 46).

Jusqu' à 24 mois post-implantation, aucun enfant bénéficiant d'un IC seul n'a été testé

dans le bruit. A partir de 36 mois post-implantation, aucun enfant implanté bilatéralement n'a été testé dans le bruit (cf. tableau 8, p. 46). De ce fait, les comparaisons de moyennes ne peuvent s'effectuer que pour les reculs 24 mois et 36 mois post-implantation.

Recul à l'implantation	IC seul		IC + PCL		IC + IC	
	Enfants évalués	Enfants évalués dans le bruit	Enfants évalués	Enfants évalués dans le bruit	Enfants évalués	Enfants évalués dans le bruit
24 mois	13	3	16	10	3	3
36 mois	8	4	9	8	4	4

Tableau 9 : Extrait du tableau 8

- *Appareillage monaural vs appareillage binaural*

Nous avons regroupé les enfants testés à ces deux reculs en deux groupes : 7 enfants IC seul et 25 enfants appareillés bilatéralement (IC+PCL ou IC+IC). Nous avons utilisé le test de Kruskal Wallis, qui ne met pas en évidence de différences significatives entre les moyennes de ces deux groupes ( $H = 0,0072$  ;  $p = 0,09323$ ).

- *En distinguant les trois modalités d'appareillage*

Ensuite, nous avons regroupé les enfants testés à ces deux reculs pour chacune des trois modalités afin que l'analyse statistique ait plus de poids : 7 enfants IC seul, 18 enfants IC+PCL et 7 enfants IC+IC. Le test H de Kruskal Wallis ne révèle pas de différences significatives entre les moyennes de ces trois groupes ( $H = 0,05126$  ;  $p = 0,7739$ ).

⇒ Ces observations ne permettent pas de confirmer l'hypothèse 10.

Hypothèse 11 : *Les enfants dont les seuils audiométriques tonals sont relativement symétriques ont de meilleurs résultats dans le bruit.*

Pour tous les enfants, nous avons cherché à connaître la valeur des seuils audiométriques tonals des deux oreilles à chaque bilan orthophonique. Seules les audiométries proches de la date du bilan (plus ou moins trois mois) ont été retenues. Nous avons alors classé les enfants en deux groupes, selon les critères décrits dans la littérature (Vincent 2008) (114) :

- Groupe 1 : enfants dont les seuils ne diffèrent pas de plus de 10 dB (seuils considérés comme « symétriques »)
- Groupe 2 : enfants dont les seuils diffèrent de plus de 10 dB (seuils considérés comme « non symétriques »).

Groupes	Recul à l'implantation	Nombre d'enfants écart seuils $\leq 10$ dB	Nombres d'enfants écart seuils $> 10$ dB
Groupe 1	3-6 mois	7	5
	12 – 18 mois	11	5
Groupe 2	24 mois	6	10
	36 mois	6	10
	48 – 60 mois	0	10

Les cohortes sont trop petites pour effectuer une analyse statistique (cf. tableau ci-dessus). De plus, cette analyse ne peut inclure les reculs 48-60 mois du fait de l'absence de sujets dans le groupe 1. Nous avons donc regroupé les reculs selon la répartition suivante : reculs inférieurs à 24 mois (groupe 1 : 18 enfants, groupe 2 : 10 enfants) vs reculs supérieurs ou égaux à 24 mois (groupe 1 : 12 enfants, groupe 2 : 30 enfants).

Nous avons réalisé un test de Student pour comparer les moyennes des deux groupes. Pour les reculs inférieurs à 24 mois, les moyennes des enfants des deux groupes ne diffèrent pas significativement ( $t = 0,720607$  ;  $p = 0,4790$ ). Pour les reculs supérieurs ou égaux à 24 mois, les moyennes des enfants des deux groupes ne diffèrent pas non plus significativement ( $t = 0,427051$  ;  $p = 0,6737$ ).

⇒ Ces observations ne permettent pas de confirmer l'hypothèse 11.

Hypothèse 12 : Les scores obtenus par l'enfant sourd implanté cochléaire aux tests perceptifs sont corrélés avec :

- le degré d'entraînement auditif dans le bruit au quotidien
- le degré d'inconfort en contexte bruyant au quotidien
- le degré de difficultés à percevoir la parole dans le bruit au quotidien.

Groupes	Recul à l'implantation	Nombre de bilans
Groupe 1	3 mois	1
	6 mois	1
	12 mois	7
	18 mois	3
	24 mois	12
Groupe 2	36 mois	11
	48 mois	6
	60 mois	2

Comme chez l'enfant NE, nous avons cherché à mettre en évidence un éventuel lien de corrélation entre chacun des trois scores obtenus au questionnaire et le score obtenu aux



tests perceptifs dans le bruit. Le questionnaire devait refléter le plus fidèlement possible l'environnement sonore de l'enfant au moment du bilan. Aussi avons-nous pris en compte pour chacun les résultats perceptifs dans le bruit obtenus au dernier bilan orthophonique uniquement, avec une répartition en fonction des reculs (cf. tableau ci-dessus).

- *Tous reculs confondus*

Score à corrélérer au pourcentage d'intelligibilité moyen (RSB +6 dB)	Valeur de la corrélation (r)	Valeur de la probabilité (p)
Entraînement dans le bruit	- 0,1798	0,2485
Inconfort en contexte bruyant	- 0,0775	0,6214
Difficultés de perception de la parole dans le bruit	- 0,1469	0,3473

**Tableau 10 : Tableau de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les performances dans le bruit tous reculs confondus**

Tous reculs confondus, l'analyse statistique ne révèle aucun lien de corrélation entre les trois scores des questionnaires et les résultats obtenus aux tests perceptifs dans le bruit.

- *Recul inférieur ou égal à 24 mois vs recul supérieur à 24 mois*

Le *cut-off* suivant a été choisi car l'évaluation dans le bruit est proposée pour la première fois à un recul à l'implantation moyen de 24,7 mois (cf. IV.2.a) :

- Groupe 1 = enfants dont le dernier bilan orthophonique a été effectué à un recul inférieur ou égal à 24 mois : 24 cas.
- Groupe 2 = enfants dont le dernier bilan orthophonique a été effectué à un recul supérieur à 24 mois : 19 cas.

GRUPE 1 : recul inférieur ou égal à 24 mois

Le tableau 11 révèle que les trois scores ne sont pas significativement corrélés aux résultats obtenus lors des tests perceptifs dans le bruit.

Score à corrélérer au pourcentage d'intelligibilité moyen (RSB +6 dB)	Valeur de la corrélation (r)	Valeur de la probabilité (p)
Entraînement dans le bruit	- 0,2319	0,2755
Inconfort en contexte bruyant	0,1741	0,4158
Difficultés de perception de la parole dans le bruit	0,0909	0,6727

**Tableau 11 : Tableau de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les performances dans le bruit pour les reculs ≤ 24 mois**

GROUPE 2 : Recul supérieur à 24 mois

Le tableau 12 révèle que les scores « entraînement dans le bruit » et « difficultés de perception de la parole dans le bruit » ne sont pas significativement corrélés aux résultats obtenus lors des tests perceptifs dans le bruit.

En revanche, le score « **inconfort en contexte bruyant** » est corrélé aux résultats perceptifs dans le bruit ( $r \approx 0,5$  ;  $p = 0,0411$ ).

Score à corrélérer au pourcentage d'intelligibilité moyen (RSB +6 dB)	Valeur de la corrélation (r)	Valeur de la probabilité (p)
Entraînement dans le bruit	- 0,0364	0,08859
Inconfort en contexte bruyant	<b>- 0,4855</b>	<b>0,0411</b>
Difficultés de perception de la parole dans le bruit	- 0,3226	0,1916

Tableau 12 : Tableau de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les performances dans le bruit pour les reculs > 24 mois

## V. Discussion

### V.1) Introduction

Notre mémoire comporte deux axes :

- l'étude de la perception auditive dans le bruit chez l'enfant NE de 3 à 6 ans
- l'état des lieux de la perception auditive dans le bruit des enfants implantés cochléaires de même âge ainsi que de son évaluation dans le service de l'hôpital Necker.

L'objectif principal de cette étude était de guider l'évaluation dans le bruit des enfants implantés grâce à la connaissance des capacités perceptives dans le bruit des enfants NE.

### V.2) Chez l'enfant normo-entendant

#### *V.2.a) Résultats*

Concernant les tests perceptifs dans le bruit

- *Hypothèses confirmées*

**Les performances perceptives des enfants dans le bruit dépendent du niveau du RSB.**

En effet, si tous les enfants ont 100% d'intelligibilité jusqu'au RSB 0 dB, leurs

performances décroissent ensuite progressivement jusqu'au RSB -6 dB avec des différences significatives entre les RSB -2 et -4 dB. Ceci semble témoigner de la présence d'un « pallier de difficultés » au RSB -4 dB.

Il y a une **influence de l'âge sur les performances dans le bruit** lorsque nous répartissons les enfants en deux groupes d'âge (3-4 ans vs 5-6 ans). Les moyennes de ces deux groupes diffèrent significativement aux RSB les plus défavorables (-4 et -6 dB). Ces résultats tendent à démontrer l'existence d'un *cut-off* entre 4 et 5 ans pour la perception dans le bruit. Cette observation est peut-être à mettre en lien avec le fait que la maturation des voies auditives se poursuit jusque vers l'âge de quatre ans (Legent 2011a) (55). Ce *cut-off* apparaît au RSB -4 dB, ce qui vient appuyer la tendance mise en évidence précédemment, à savoir qu'il existerait un « pallier de difficultés » à ce RSB.

**Le niveau de concentration influe significativement sur les performances des enfants au RSB -4 dB**, niveau qui semble « problématique ».

- *Hypothèses n'ayant pu être confirmées*

Notre étude n'a pas permis de mettre en évidence :

- une influence globale (pour tous les RSB) du niveau de concentration sur les performances. Cela peut être dû au fait que nous avons tenté de recadrer les enfants les moins concentrés.
- un effet d'interaction entre l'âge et le niveau de concentration sur les performances.
- un effet d'habituation entre les deux listes proposées à un même RSB.

Concernant la corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et le pourcentage d'intelligibilité dans le bruit

Notre analyse n'a pas permis de mettre en évidence un lien de corrélation entre les scores « entraînement dans le bruit », « inconfort en contexte bruyant » et les résultats obtenus aux tests perceptifs. Ce constat ne remet pas nécessairement en cause la fiabilité du questionnaire. Il peut en effet refléter le fait que l'enfant NE est confronté au bruit et entraîné de manière inconsciente au quotidien.

En revanche, **il existe un lien de corrélation entre le score « difficultés de perception de la parole dans le bruit » et les résultats perceptifs :**

- **Au RSB -2 dB** : la corrélation est positive, cela signifie que plus il y a de difficultés

de perception au quotidien, meilleures sont les performances.

- **Au RSB -6 dB** : la corrélation est négative, cela signifie que plus il y a de difficultés de perception dans le bruit au quotidien, moins bonnes sont les performances obtenues aux tests perceptifs dans le bruit.

Nous pouvons expliquer ce phénomène par le fait que la perception auditive dans le bruit n'est pas seulement le résultat de la perception pure mais qu'une multitude de facteurs entrent en jeu. Ainsi, les enfants ont peut-être pallié leurs difficultés au RSB -2 dB en recrutant plus de ressources cognitives (attention, suppléance mentale...). Au RSB -6 dB, les ressources mobilisées n'ont peut-être pas permis de surmonter leurs difficultés.

Nous pouvons noter qu'au RSB -4 dB, il n'existe pas de lien de corrélation entre le score de difficultés perceptives et les performances. Cette observation met en évidence au niveau statistique les difficultés rencontrées par la plupart des enfants à ce RSB. Elle tend à confirmer nos observations cliniques, à savoir que ce RSB semblait problématique.

### ***V.2.b) Difficultés rencontrées au cours de l'étude***

Le recrutement des enfants NE n'a pas été dénué de difficultés. En effet, nous avons pour contrainte de tester les enfants dans la même cabine audiométrique afin que les résultats soient comparables. Les enfants testés ont dû être recrutés sur place ou dans notre entourage. De plus, nous trouvant dans un service d'ORL, les enfants venaient le plus souvent consulter pour des affections pouvant retentir sur leur audition. Nous avons ainsi abordé de nombreuses familles dont les enfants n'ont pu être inclus dans l'étude.

Le protocole initial comportait la passation des phrases HINT aux différents RSB. Les trois premiers enfants testés ont été soumis au protocole dans son intégralité. Par la suite, nous avons adapté ce dernier en ne conservant que les listes de mots car le temps de passation était trop long et les enfants peinaient à se concentrer en fin de tâche.

Enfin, la version initiale du questionnaire (cf. annexe 2) ne permettait pas une cotation pouvant être facilement confrontée aux résultats perceptifs dans le bruit. Nous avons donc créé en cours d'étude une grille de cotation en ne sélectionnant que les items qui nous semblaient les plus pertinents (cf. III.2.b et annexe 6).

### ***V.2.c) Limites de l'étude***

Notre étude a permis de dégager des tendances intéressantes mais comporte des limites.

Tout d'abord, malgré une cohorte de trente enfants NE de 3 à 6 ans, ce nombre est insuffisant pour réaliser une analyse statistique paramétrique dès lors que l'on veut distinguer plusieurs groupes (âge, niveau de concentration).

Pour étudier les capacités perceptives le plus précisément possible, il aurait été plus adapté d'utiliser des non-mots, support permettant d'exclure tout recours à la suppléance mentale. Cependant, les listes enregistrées disponibles à l'hôpital Necker (test phonétique de J.C. Lafon) sont bien souvent trop difficiles pour les enfants implantés de 3 à 6 ans. Or, nous voulions tester les enfants NE avec le matériel linguistique proposé le plus fréquemment aux enfants implantés.

Les limites de l'étude concernent également l'échelle de concentration que nous avons élaborée. Celle-ci étant subjective, son interprétation doit être nuancée. De plus, elle donne lieu à un score unique pour la totalité de la passation alors même que la concentration de certains enfants pouvait varier d'une liste à l'autre.

Enfin, la difficulté de mettre en évidence des liens de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les résultats perceptifs dans le bruit peut être imputable :

- au caractère subjectif du questionnaire car il dépend de l'appréciation des parents
- au questionnaire lui-même, notamment concernant le nombre d'items composant chaque score, qui peut être insuffisant
- à la population des NE. L'absence de corrélation peut être le reflet de l'évolution dans un environnement sonore accessible dans sa totalité et en permanence et donc d'un entraînement dans le bruit développant naturellement une fonction binaurale.

### ***V.2.d) Perspectives***

Tous les enfants NE inclus dans l'étude ont obtenu 100% d'intelligibilité au RSB 0 dB. Ces résultats peuvent être pris en compte pour l'ajustement du protocole d'évaluation de l'enfant implanté cochléaire (cf. V.3.d).

Nous avons fait part tout au long de notre travail de la difficulté de déterminer une norme quant aux capacités perceptives dans le bruit des enfants NE. Une étude sur une cohorte

plus importante pourrait être envisagée afin de pouvoir généraliser les tendances mises en évidence à l'ensemble de la population des enfants NE de 3 à 6 ans.

Par ailleurs, il serait intéressant de compléter notre protocole par l'évaluation :

- de phrases, générant une condition plus écologique (Wilson et al. 2005)(117)
- de non-mots, matériel permettant de rendre compte de la perception pure en limitant l'intervention de la suppléance mentale (Legent et al. 2011c) (57).

Afin de pouvoir comparer les performances des enfants NE entre elles, nous avons dû présenter les différents RSB selon un ordre invariable. Cependant, il serait intéressant de mettre en place un protocole dans lequel l'ordre de présentation des RSB serait autre, ou même aléatoire, afin de voir si les résultats obtenus sont identiques.

### **V.3) Chez l'enfant sourd implanté cochléaire**

#### ***V.3.a) Résultats***

##### Concernant la réalisation de l'évaluation dans le bruit

L'analyse descriptive a permis de mettre en évidence l'influence de quatre facteurs sur la réalisation de l'évaluation perceptive dans le bruit : le recul à l'implantation, la modalité d'appareillage, l'âge au moment du bilan orthophonique et les scores obtenus à l'audiométrie vocale dans le silence.

##### Concernant l'analyse des performances dans le bruit

Au RSB +6 dB, les enfants implantés cochléaires obtiennent en moyenne de moins bonnes performances que les enfants NE (cf. figures 2 et 11).

- *Hypothèse confirmée*

Il existe une **corrélation positive entre les résultats perceptifs dans le silence et dans le bruit**. Toutefois, il ne faudrait pas nécessairement attendre des scores élevés dans le silence pour évaluer dans le bruit. En effet, le rôle de l'évaluation perceptive dans le bruit est aussi de souligner les difficultés lorsqu'elles sont présentes afin d'adapter au mieux la prise en charge (Taylor 2003)(105) ; (Wilson et al. 2005)(117).

- *Hypothèses n'ayant pu être confirmées*

Notre étude n'a pas permis de mettre en évidence :

- une influence du recul à l'implantation sur les performances perceptives dans le bruit.
- une influence de la modalité d'appareillage : les enfants IC+IC n'ont pas des performances significativement meilleures que les enfants IC+PCL ou IC seul.
- une supériorité des performances des enfants appareillés de manière binaurale sur ceux des enfants appareillés de manière monaurale.
- une supériorité des performances lorsque les seuils audiométriques tonals sont relativement symétriques (écart inférieur ou égal à 10 dB).

#### Concernant la corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et le pourcentage d'intelligibilité dans le bruit

L'un des objectifs de l'étude était de voir s'il y a un effet d'entraînement dans le bruit au quotidien sur les résultats perceptifs, ce que l'analyse statistique n'a pas mis en évidence. En revanche, **le score « inconfort en contexte bruyant » est corrélé négativement aux résultats perceptifs dans le bruit.** Ceci implique que plus la gêne est importante dans un contexte bruyant au quotidien, moins bons sont les résultats perceptifs dans le bruit.

#### *V.3.b) Difficultés rencontrées au cours de l'étude*

Les principales difficultés ont concerné le questionnaire. Tout comme pour l'enfant NE, nous avons dû créer une grille de cotation (cf. annexe 7) en ne conservant que les questions jugées les plus pertinentes. De plus, il a parfois été compliqué de communiquer le questionnaire aux parents des enfants et d'en recueillir les réponses.

La réalisation de l'évaluation dans le bruit pour les 49 enfants de l'étude est répartie sur plusieurs reculs à l'implantation. Cependant, chaque enfant n'a pas été évalué à chaque recul. Or, l'étude de l'influence de certains facteurs sur les capacités perceptives dans le bruit doit prendre en compte cette donnée. Afin de constituer des cohortes suffisantes pour l'analyse statistique, nous avons dû regrouper des reculs.

#### *V.3.c) Limites de l'étude*

Notre étude ne permet pas de confirmer certaines de nos hypothèses telles que la supériorité de l'appareillage binaural sur l'appareillage monaural. Ceci peut-être imputable à différentes raisons, comme :

- des effectifs peu importants
- le fait que nous ayons dû regrouper des reculs pour certaines analyses

- un RSB trop élevé (+6 dB) pour refléter fidèlement les compétences des enfants.

Par ailleurs, les faibles effectifs et l'hétérogénéité de la population ne nous ont pas permis d'entreprendre l'analyse de l'influence de certains facteurs tels que l'âge d'implantation, l'âge d'apparition ou encore l'étiologie de la surdité. De même, nous n'avons pu étudier l'influence de la cabine utilisée (Trousseau ou Necker) sur les scores des neuf enfants qui ont été évalués dans ces deux cabines. En effet, les différences de performances peuvent être attribuées tant au changement de cabine qu'à l'évolution perceptive des enfants.

Nous avons analysé l'influence de certains facteurs de manière indépendante alors même que les performances sont sûrement le résultat de l'interaction d'une multitude de facteurs.

Comme pour l'enfant NE, la difficulté à mettre en évidence des liens statistiques de corrélation entre les scores obtenus au questionnaire et les résultats perceptifs dans le bruit peut être imputable au caractère subjectif du questionnaire ou au questionnaire lui-même.

#### *V.3.d) Perspectives*

L'un des objectifs de l'évaluation de l'enfant implanté cochléaire est de comparer son évolution à celle de l'enfant NE. Aussi le protocole de l'évaluation perceptive dans le bruit doit-il suivre le développement de ce dernier. Les résultats de notre étude permettent de dégager des pistes pour l'ajustement du protocole d'évaluation de l'enfant implanté cochléaire sur la base des résultats observés chez l'enfant NE (cf.V.2.d). Il serait intéressant d'évaluer les enfants sourds implantés cochléaires au RSB 0 dB et ce dès l'âge de 3 ans.

Afin de pouvoir mener des études sur des groupes homogènes de taille suffisante, l'évaluation dans le bruit doit tendre à se systématiser.

Enfin, dans notre étude, nous nous sommes attachées à l'influence de la symétrie relative des seuils audiométriques tonals sur les performances perceptives dans le bruit. Il serait encore plus pertinent de raisonner en termes de stéréoacousie, c'est-à-dire d'équi-sensation sonore au niveau des deux oreilles. Cependant, nous n'avons pu évaluer ce paramètre avec les moyens à notre disposition.



## CONCLUSION

Notre mémoire avait pour objectif de dresser un état des lieux de l'évaluation perceptive dans le bruit des enfants de 3 à 6 ans implantés cochléaires, au sein de l'hôpital Necker. De plus, nous souhaitons rendre compte de leurs capacités perceptives dans le bruit ainsi que de celles des enfants normo-entendants (NE) de même âge. Ces différents points d'étude convergeaient tous vers un objectif unique, à savoir guider l'ajustement du protocole d'évaluation de la perception dans le bruit dans le service. En effet, l'évaluation de l'enfant implanté cochléaire doit faire référence au développement de l'enfant NE.

Pour cela, nous avons soumis trente enfants NE à une audiométrie vocale dans le bruit portant sur des mots, à différents rapports signal sur bruit (RSB) diminuant de +6 à -6 dB par paliers de deux décibels. Tous les enfants ont obtenu 100% d'intelligibilité jusqu'au RSB 0 dB. Pour les trois RSB les plus défavorables, nous avons pu mettre en évidence un effet de l'âge sur les performances mais pas d'effet global du niveau de concentration.

Par ailleurs, nous avons recueilli les données relatives aux différents bilans post-implantation de 49 enfants implantés évalués dans le bruit (RSB + 6 dB). Les performances perceptives dans le silence et dans le bruit sont corrélées. En revanche, nous n'avons pas pu mettre en évidence une influence du recul à l'implantation, de la modalité d'appareillage et de la symétrie des seuils audiométriques tonals sur les résultats.

Enfin, nous n'avons pas retrouvé de corrélation franche entre les performances perceptives et les scores aux questionnaires, chez l'enfant NE comme chez l'enfant implanté.

Notre mémoire a permis de faire le point sur la perception auditive dans le bruit des enfants et son évaluation. Il souligne la nécessité de sensibiliser les professionnels à ce sujet. La réalisation de l'évaluation perceptive dans le bruit doit tendre à se systématiser et favoriser la prise en compte de l'entraînement dans le bruit dans l'éducation auditive proposée en rééducation orthophonique.

Des pistes pour l'ajustement du protocole d'évaluation des enfants implantés cochléaires peuvent être dégagées sur la base des résultats des enfants NE. Ainsi, l'audiométrie vocale portant sur des mots peut-elle être proposée au RSB 0 dB, et ce dès l'âge de 3 ans.

La perception auditive dans le bruit étant un sujet très vaste et très complexe, ce mémoire n'a pas pu l'explorer de manière exhaustive et pourrait être complété par d'autres études.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. Beley, G. Buisson, G., Dehêtre, A., Dupont, A.-C., Foucault, C., François, M., Lefeuvre, B., Kerambrun-Mineo, D., Paclot, C., Ridoux, N., Ruault, G., Urcun, J.M., Wilmet, A., (2009). Dépistage des troubles de l'audition chez l'enfant : guide pratique. Available at:  
[http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Depistage\\_des\\_troubles\\_de\\_l\\_audition\\_chez\\_l\\_enfant.pdf](http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Depistage_des_troubles_de_l_audition_chez_l_enfant.pdf)
2. Bergeron, A.-M., Henry, F., (1994). L'entraînement auditif. In *GIRAFE : guide d'intervention en réadaptation auditive : formule de l'enfant*. Montréal: Méridien – Santé Médecine, pp. 71–120.
3. Bergeron, F., (1992). Prédiction des performances avec un implant cochléaire : revue de la littérature. *Journal of Speech Language Pathology and Audiology*, 16(2), pp.113–120.
4. BIAP, (1997). *Recommandation BIAP 02/1 bis: Classification audiométrique des déficiences auditives*, Lisbonne: Bureau International d'Audiophonologie. Available at:  
[http://www.biap.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5:recommandation-biap-021-bis&catid=65:ct-2-classification-des-surdites&Itemid=19&lang=fr](http://www.biap.org/index.php?option=com_content&view=article&id=5:recommandation-biap-021-bis&catid=65:ct-2-classification-des-surdites&Itemid=19&lang=fr)
5. BIAP, (2011). *Recommandation BIAP 07/4 – 25/5 : Implantation cochléaire bilatérale chez l'enfant*, Athènes: Bureau International d'Audiophonologie. Available at:  
[http://www.biap.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=19%3Arecommandation-biap-074--255--implantation-cochleaire-bilaterale-chez-lenfant&catid=67%3Act-7--implant-cochleaire&Itemid=19&lang=de](http://www.biap.org/index.php?option=com_content&view=article&id=19%3Arecommandation-biap-074--255--implantation-cochleaire-bilaterale-chez-lenfant&catid=67%3Act-7--implant-cochleaire&Itemid=19&lang=de).
6. BIAP, (2008). *Recommandation BIAP 28/1 : Les bases de l'éducation auditive chez l'enfant et l'adulte*, Toledo: Bureau International d'Audiophonologie. Available at:  
[http://www.biap.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=53%3Arecommandation-biap-281--les-bases-de-leducation-auditive-chez-lenfant-et-ladulte-&catid=81%3Act-28--education-auditive&Itemid=19&lang=fr](http://www.biap.org/index.php?option=com_content&view=article&id=53%3Arecommandation-biap-281--les-bases-de-leducation-auditive-chez-lenfant-et-ladulte-&catid=81%3Act-28--education-auditive&Itemid=19&lang=fr).
7. Bizaguet, E., (2006). Réhabilitation prothétique de l'enfant. In E.-N. Garabédian, S. Bobin, J.-P. Monteil, J.-M. Triglia, (Éds.), *ORL de l'enfant*. Paris: Médecine-Sciences Flammarion, pp. 61–67.
8. Bonfils, P., Chevallier, J.-M., (2011a). Anatomie du système auditif. In *Anatomie - ORL*. Paris: Médecine Sciences Publications-Lavoisier, pp. 294–335.
9. Bonfils, P., Chevallier, J.-M., (2011b). Anatomie du système vestibulaire. In *Anatomie - ORL*. Paris: Médecine Sciences Publications-Lavoisier, pp. 336–357.
10. Boons, T., De Raeve, L., Langereis, M., Peeraer, L., Wouters, J., Van Wieringen, A., (2013). Narrative spoken language skills in severely hearing impaired school-aged children with cochlear implants. *Research in developmental disabilities*, 34(11), pp.3833–3846.

11. Borel, S., De Bergh, M., (2013). Entraînement auditif pour les situations d'écoute complexe chez l'adulte implanté cochléaire - Environnement bruyant, Téléphone, Musique. In Les Entretiens de Bichat. Paris, pp. 1–13.
12. Brin, F., Courrier, C., Lederlé, E., Masy, V., (2006). *Dictionnaire d'orthophonie* 3<sup>ème</sup> édition., Isbergues: Ortho-Édition, 303 p.
13. Busquet, D., Gaillard, D., Groh, V., (2009). Éducation auditive. In N. Loundon, D. Busquet, V. Alis, C. Descourtieux, D. Gaillard, V. Groh, S. Hervatin, N. Jubien, A. De Lamaze, I. Prang, C. Rebichon, (Éds.), *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique*. Pédiatrie. Paris: Médecine-Sciences Flammarion, pp. 53–68.
14. Busquet, D., Gaillard, D., Prang, I., (2009). Évaluation orthophonique. In N. Loundon, D. Busquet, V. Alis, C. Descourtieux, D. Gaillard, V. Groh, S. Hervatin, N. Jubien, A. De Lamaze, I. Prang, C. Rebichon, (Éds.), *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique*. Pédiatrie. Paris: Médecine-Sciences Flammarion, pp. 40–45.
15. Buss, E., Pillsbury, H.C., Buchman, C.A., Pillsbury, C.H., Clark, M.S., Haynes, D.S., Labadie, R.F., Amberg, S., Roland, P.S., Kruger, P., Novak, M.A., Wirth, J.A., Black, J.M., Peters, R., Lake, J., Wackym, P.A., Firszt, J.B., Wilson, B.S., Lawson, D.T., Schatzer, R., D'Haese, P.S.C., 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), pp.20–32.
16. Chays, A., (2008). Sa vie. In *Naissance, vie et mort de l'oreille*. Les monographies du CCA Wagram. Paris: Les monographies Amplifon, pp. 33–82.
17. CNA, (1997). Audition binaurale. In *L'appareillage de l'adulte : Le bilan d'orientation prothétique. Tome 1*. Précis d'Audioprothèse. Les Éd. du Collège National d'Audioprothèse, pp. 70–74.
18. CNA, (2007). Le contrôle immédiat d'efficacité prothétique. Mesures subjectives : audiométrie vocale en présence de bruit. In *L'appareillage de l'adulte. Tome 3*. Précis d'Audioprothèse. Carvin: les Éd. du Collège national d'audioprothèse, pp. 167–188.
19. Cochard, N., Calmels, M.-N., Landron, C., Honegger, A., Fraysse, B., (2004). L'évaluation des résultats à long terme chez les enfants sourds congénitaux et prélinguaux porteurs d'un implant cochléaire. *Rééducation Orthophonique, Implantations cochléaires*(217), pp.117–125.
20. Coez, A., Zilbovicius, M., Ferrary, E., Bouccara, D., Mosnier, I., Ambert-Dahan, E., Bizaguet, E., Martinot, J.-L., Samson, Y., Sterkers, O., (2013). Brain voice processing with bilateral cochlear implants: a positron emission tomography study. *European archives of oto-rhino-laryngology*.
21. Colleau, A., (2004). L'implantation cochléaire précoce en France : état des lieux. *Rééducation Orthophonique, Implantation cochléaire*(217), pp.57–68.
22. Collet, L., Thai-Van, H., Veillet, E., (2004). Surdité unilat ale: modifications d'activation du cortex auditif et conséquences perceptives. In Collet, L., Sterkers, O., Bouccara, D., Deys, S., Lermigeaux, S., *Nouvelles données en Audiologie et Appareillage stéréophonique*. Paris : Les monographies Amplifon, 36, pp.7-12.

23. Cotte, C., Descourtieux, C., Legendre, I., Loundon, N., (2006). Mécanismes neurophysiologiques de la binauralité (Paul Avan). *Connaissances surdités*, 15, pp.32–34.
24. Dauman, R., Carbonnière, B., Soriano, V., Berger-Lautissier, S., Bouyé, J., Debruge, E., Coriat, G., Bébéar, J.-P., (1998). Implants cochléaires chez l'adulte et l'enfant. *Encycl Med Chir, Elsevier, Paris, Oto-Rhino-Laryngologie*, pp.20–185.
25. Deggouj, N., Demanez, L., (2010). Maturation des processus auditifs centraux. *Les cahiers de l'audition*, 23(6), pp.29–37.
26. Deneulin, M., Renard, E., (2010). *Décalage temporel interaural et discrimination de la parole dans le bruit*. Mémoire présenté en vue de l'obtention des diplômes d'ingénieur civil biomédical et en mathématiques appliquées. Louvain: Université catholique de Louvain, 113 p.
27. Desaunay, M., Fleuriot, P., Debrulle, L., Garnier, S., Garabédian, E.-N., Loundon, N., Marlin, S., Denoyelle, F., Tran Ba Huy, P., De Waele, C., Gilbert, G., Lorenzi, C., (2007). Rôle des informations d'enveloppe temporelle et de structure temporelle fine dans l'intelligibilité de la parole chez les sujets entendants et malentendants. *Les Cahiers de l'Audition*, 20(3), pp.46–50.
28. Deys, S., Lermigeaux, S., (2004). L'audition binaurale et l'appareillage stéréophonique. In *Nouvelles données en Audiologie et Appareillage stéréophonique*. Paris: Les monographies Amplifon, 36, pp. 39–66.
29. Dulguerov, P., (2005a). Anatomie de la cochlée. In P. Dulguerov, M. Remacle, *Précis d'audiophonologie et de déglutition. Tome 1*, Marseille: Solal, pp. 45–56.
30. Dulguerov, P., (2005b). Anatomie et physiologie de l'oreille externe et moyenne. In P. Dulguerov, M. Remacle, *Précis d'audiophonologie et de déglutition. Tome 1*, Marseille: Solal, pp. 31–44.
31. Dumont, A., (2008). Les prises en charge orthophoniques. In *Orthophonie et surdité: communiquer, comprendre, parler*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, pp. 61–77.
32. Duncan, K.R., Aarts, N.L., (2006). A comparison of the HINT and Quick Sin Tests. *Journal of Speech Language Pathology and Audiology*, 30(2), pp.86–94.
33. Expertise collective Inserm, (2006). *Déficits auditifs: recherches émergentes et applications chez l'enfant*, Paris: Les éditions INSERM, 139 p.
34. 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), pp.1725–1736.
35. Franzoni, M., (2006). Quelle place pour l'orthophoniste dans la prise en charge précoce de l'enfant sourd ? *Connaissances surdités*, (17), pp.12–18.
36. Fu, Q.-J., Galvin, J.J., 3rd, (2008). Maximizing cochlear implant patients' performance with advanced speech training procedures. *Hearing research*, 242(1-2), pp.198–208.

37. Fu, Q.-J., Nogaki, G., (2005). Noise susceptibility of cochlear implant users: the role of spectral resolution and smearing. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology: JARO*, 6(1), pp.19–27.
38. Füllgrabe, C., Berthommier, F., Lorenzi, C., (2006). Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. *Hearing research*, 211(1-2), pp.74–84.
39. Gautreau, A., Hoen, M., Meunier, F., (2012). Masques acoustiques et masques linguistiques de différentes langues sur la reconnaissance de mots en français. In *Actes de la conférence conjointe JEP-TALN-RECITAL 2012*. Grenoble: Jorge Mauricio Molina Mejia, Didier Schwab, Gilles Sérasset, pp. 755–762.
40. Gerbaud, G., (2013). Les accessoires HF, Wifi... *Les Cahiers de l'Audition*, 26(6), pp.34–39.
41. Gnansia, D., (2009). Intelligibilité dans le bruit et démasquage de la parole chez les sujets normo-entendants, malentendants et implantés cochléaires. *Les Cahiers de l'Audition*, 22(6), pp.9–42.
42. Gordon, K.A., Papsin, B.C., (2009). Benefits of short interimplant delays in children receiving bilateral cochlear implants. *Otology & neurotology*, 30(3), pp.319–331.
43. Goujon, F., (2013). Audiométrie vocale : Étude de l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant et détermination de courbes vocales de référence. *Les Cahiers de l'Audition*, 26(4), pp.20–27.
44. HAS, (2007). *Évaluation du dépistage néonatal systématique de la surdité permanente bilatérale*, Haute Autorité de Santé.  
Available at:  
[http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/rapport\\_-\\_evaluation\\_du\\_depistage\\_neonatal\\_systematique\\_de\\_la\\_surdite\\_permanente\\_bilaterale.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/rapport_-_evaluation_du_depistage_neonatal_systematique_de_la_surdite_permanente_bilaterale.pdf).
45. HAS, (2012). *Le traitement de la surdité par implants cochléaires ou du tronc cérébral*, Haute Autorité de Santé.  
Available at:  
[http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/fiche\\_bon\\_usage\\_implants\\_cochleaires.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/fiche_bon_usage_implants_cochleaires.pdf).
46. 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), pp.833–843.
47. Killion, M.C., Niquette, P. A., Gudmundsen, G.I., Revit, L.J., Banerjee, S., (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(4 Pt 1), pp.2395–2405.
48. Kim, J.-S., Kim, L.-S., Jeong, S.-W., (2013). Functional benefits of sequential bilateral cochlear implantation in children with long inter-stage interval between two implants. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 77(2), pp.162–169.

49. Kokkinakis, K., Pak, N., (2014). Binaural advantages in users of bimodal and bilateral cochlear implant devices. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(1), pp.EL47–53.
50. Korber, C., Mercier, R., (2011). *Compréhension dans le bruit : Spatial Sound 2.0 and Speech*. Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste. Nancy: Henry Poincaré Nancy 1, 113 p.
51. Lafleur, N., (2010). Le système Haute Fréquence. Usage, fonction, utilisation... du principe à l'application! *Connaissances surdités*, (33), pp.20–24.
52. Lammers, M.J.W., Van der Heijden, G.J.M.G., Pourier, V.E.C., Grolman, W., (2014). Bilateral cochlear implantation in children: a systematic review and best evidence synthesis. *The Laryngoscope*.
53. Landry, S., Turgeon, C., Champoux, F., (2012). Phénomènes binauraux et perception de la parole chez les porteurs de l'implant cochléaire bilatéral. *Rééducation Orthophonique*, L'implantation cochléaire chez le jeune enfant: langage, parole et cognition(252), pp.5–15.
54. Laroche, C., Vaillancourt, V., Melanson, C., Renault, M.-E., Thériault, C., Soli, S.D., Giguère, C., (2006). Adaptation du HINT (Hearing in Noise Test) pour les enfants francophones canadiens et données préliminaires sur l'effet d'âge. *Revue d'orthophonie et d'audiologie*, 30(2), pp.95–109.
55. Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., Garnier, S., Debruille, X., (Éds.), (2011a). Audiométrie de l'enfant: les moyens de diagnostic. In *Audiologie pratique, audiométrie*. Paris: Elsevier, Masson, pp. 143–162.
56. Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., Garnier, S., Debruille, X., (Éds.), (2011b). Audiométrie et appareillage. In *Audiologie pratique, audiométrie*. Paris: Elsevier, Masson, pp. 177–188.
57. Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., Garnier, S., Debruille, X., (Éds.), (2011c). Audiométrie vocale. In *Audiologie pratique, audiométrie*. Paris: Elsevier, Masson, pp. 63–81.
58. Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., Garnier, S., Debruille, X., (Éds.), (2011d). Notions de psychoacoustique. In *Audiologie pratique, audiométrie*. Paris: Elsevier, Masson, pp. 219–232.
59. Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., Garnier, S., Debruille, X., (Éds.), (2011e). Sonotraumatismes et acoustique. In *Audiologie pratique, audiométrie*. Paris: Elsevier, Masson, pp. 233–241.
60. Ligny, C. Simon, P., Renglet, T., Schepers, F., Mansbach, A.-L., (2006). L'enfant porteur d'implant cochléaire: Intervention chirurgicale, suivi et évaluation. In C. Hage, B., Charlier, J., Leybaert, *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd*. Pratiques psychologiques - Evaluation et diagnostic. Sprimont: Mardaga, pp. 247–266.
61. Litovsky, R.Y., (2005). Speech intelligibility and spatial release from masking in young children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(5), pp.3091–3099.

62. Litovsky, R.Y., Johnstone, P.M., Godar, S.P., (2006). Benefits of bilateral cochlear implants and/or hearing aids in children. *International journal of audiology*, 45 Suppl 1, pp.S78–91.
63. Livet, M.-O., Cournelle, M.-A., Chanus, I., (2006). Intérêt du bilan neuropédiatrique. *Rééducation Orthophonique*, Implantation cochléaire en cas de pathologies et/ou troubles associés(228), pp.23–32.
64. López, H.A.G., (2010). *Caractérisation de la voix de l'enfant sourd appareillé et implanté cochléaire: approches acoustique et perceptuelle et proposition de modélisation*. Thèse en vue de l'obtention du doctorat de sciences du langage. Montpellier: Université Paul Valéry-Montpellier III, 355 p.
65. Lorenzi, C., Husson, M., Ardoint, M., Debrulle, X., (2006). Speech masking release in listeners with flat hearing loss: Effects of masker fluctuation rate on identification scores and phonetic feature reception. *International Journal of Audiology*, 45(9), pp.487–495.
66. Loundon, N., Busquet, D., Alis, V., Descourtieux, C., Gaillard, D., Groh, V., Hervatin, S., Jubien, N., De Lamaze, A., Prang, I., Rebichon, C., (Éds.), (2009). Bilan perceptif. In *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique*. Pédiatrie. Paris: Médecine-Sciences Flammarion, pp. 151–154.
67. Loundon, Prang, I., De Lamaze, A., (2009). Développement perceptif et linguistique de l'enfant. Retentissement sur la surdité. In N. Loundon, D. Busquet, V. Alis, C. Descourtieux, D. Gaillard, V. Groh, S. Hervatin, N. Jubien, A. De Lamaze, I. Prang, C. Rebichon, (Éds.), *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique*. Paris: Médecine-Sciences Flammarion, pp. 3–28.
68. Loundon, N., (2004). Implant cochléaire et retard de développement linguistique. *Rééducation Orthophonique*, Implantations cochléaires(217), pp.71–82.
69. Loundon, N., (2009). Implant cochléaire: principes, indications, facteurs pronostiques, suivi et résultats. In N. Loundon, D. Busquet, V. Alis, C. Descourtieux, D. Gaillard, V. Groh, S. Hervatin, N. Jubien, A. De Lamaze, I. Prang, C. Rebichon, (Éds.), *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique*. Pédiatrie. Paris: Médecine-Sciences Flammarion, pp. 31–35.
70. Loundon, N., Moatti, L., (2006). Altération de l'audition et de l'équilibre. In E.-N. Garabédian, S. Bobin, J.-P. Monteil, J.-M. Triglia, (Éds.), *ORL de l'enfant*. Paris: Médecine-Sciences Flammarion, pp. 36–42.
71. Lovett, R.E.S., Kitterick, P.T., Hewitt, C.E., Summerfield, A.Q., (2010). Bilateral or unilateral cochlear implantation for deaf children: an observational study. *Archives of disease in childhood*, 95(2), pp.107–112.
72. McFarland, D.H., Netter, F.H., (2009). Système auditif. In *L'anatomie en orthophonie parole, déglutition et audition*. Paris: Elsevier Masson, pp. 175–204.
73. Meyer, B., Frachet, B., Sterkers, O., Chays, A., Poncet, C., Fugain, C., Bouccara, D., Bozorg-Grayeli, A., Letschert, P., Husson, M., Debrulle, X., Bestel, J., Labassi, S., Philibert, B., Philippon, B., Jourdes, V., Lancelin, D., Gnansia, D., Lorenzi, C., (2007). Démasquage de la parole dans le bruit chez les sujets entendants, malentendants et implantés cochléaires. *Les Cahiers de l'Audition*, 20(3), pp.54–57.

74. Miller, G.A., Licklider, J.C.R., (2005). The Intelligibility of Interrupted Speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 22(2), pp.167–173.
75. Mok, M., Galvin, K.L., Dowell, R.C., McKay, C.M., (2007). Spatial unmasking and binaural advantage for children with normal hearing, a cochlear implant and a hearing aid, and bilateral implants. *Audiology & neuro-otology*, 12(5), pp.295–306.
76. Mok, M., Galvin, K.L., Dowell, R.C., McKay, C.M., (2010). Speech perception benefit for children with a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears and children with bilateral cochlear implants. *Audiology & neuro-otology*, 15(1), pp.44–56.
77. Mondain, M., Blanchet, C., Venail, F., Vieu, A., (2005). Classification et traitement des surdités de l'enfant. *EMC - Oto-rhino-laryngologie*, 2(3), pp.301–319.
78. Mosnier, I., Sterkers, O., Bébéar, J.-P., Godey, B., Robier, A., Deguine, O., Fraysse, B., Bordure, P., Modain, M., Bouccara, D., Bozorg-Grayeli, A., Borel, S., Ambert-Dahan, E., Ferrary, E., (2009). Speech performance and sound localization in a complex noisy environment in bilaterally implanted adult patients. *Audiology & neuro-otology*, 14(2), pp.106–114.
79. Mouvet, K., Matthijs, L., Loots, G., Tavernier, M., Van Herreweghe, M., (2013). The language development of a deaf child with a cochlear implant. *Language Sciences*, (35), pp.59–79.
80. Müller, J., Schön, F., Helms, J., (2002). Speech understanding in quiet and noise in bilateral users of the MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implant system. *Ear and hearing*, 23(3), pp.198–206.
81. Nelson, P.B., Jin, S.-H., Carney, A.E., Nelson, D.A., (2003). Understanding speech in modulated interference: cochlear implant users and normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113(2), pp.961–968.
82. Nelson, P.B., Jin, S.-H., (2004). Factors affecting speech understanding in gated interference: Cochlear implant users and normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(5), pp.2286–2294.
83. Nie, K., Stickney, G., Zeng, F.-G., (2005). Encoding frequency modulation to improve cochlear implant performance in noise. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 52(1), pp.64–73.
84. Le Normand, M.T., Moreno-Torres, I., (2014). The role of linguistic and environmental factors on grammatical development in French children with cochlear implants. *Lingua*, (139), pp.26–38.
85. Oba, S.I., Fu, Q.-J., Galvin, J.J., 3rd, (2011). Digit training in noise can improve cochlear implant users' speech understanding in noise. *Ear and hearing*, 32(5), pp.573–581.
86. Özdemir, S., Tuncer, Ü., Tarkan, Ö., Kiroğlu, M., Çetik, F., Akar, F., (2013). Factors contributing to limited or non-use in the cochlear implant systems in children: 11 years experience. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 77(3), pp.407–409.



87. Paquier, M., (2013). Traitement du bruit et de la parole par le système auditif chez l'entendant et le déficient auditif. *Les Cahiers de l'Audition*, 26(6), pp.17–24.
88. Peters, B.R., Litovsky, R., Parkinson, A., Lake, J., (2007). Importance of age and postimplantation experience on speech perception measures in children with sequential bilateral cochlear implants. *Otology & neurotology*, 28(5), pp.649–657.
89. Peters, R.W., Moore, B.C., Baer, T., (1998). Speech reception thresholds in noise with and without spectral and temporal dips for hearing-impaired and normally hearing people. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 103(1), pp.577–587.
90. Pol, C., (2003). Épidémiologie et étiologies des surdités de l'enfant. *Archives de pédiatrie*, 10, pp.148–150.
91. Ramsden, R., Greenham, P., O'Driscoll, M., Mawman, D., Proops, D., Craddock, L., Fielden, C., Graham, J., Meerton, L., Verschuur, C., Toner, J., McAnallen, C., Osborne, J., Doran, M., Gray, R., Pickerill, M., (2005). Evaluation of bilaterally implanted adult subjects with the nucleus 24 cochlear implant system. *Otology & neurotology*, 26(5), pp.988–998.
92. Renard, C., Azéma, B., (2011). Données fréquentielles et temporelles de la perception de la parole. In Collège national d'Audioprothèse, *Précis d'audioprothèse: Production, phonétique acoustique et perception de la parole*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, 411 p.
93. Rhebergen, K.S., Versfeld, N.J., Dreschler, W.A., (2008). Learning effect observed for the speech reception threshold in interrupted noise with normal hearing listeners. *International journal of audiology*, 47(4), pp.185–188.
94. Sampaio, A.L.L., Araújo, M.F.S., Oliveira, C.A.C.P., (2011). New criteria of indication and selection of patients to cochlear implant. *International journal of otolaryngology*, 2011, p.573968.
95. Schafer, E.C., Amlani, A.M., Paiva, D., Nozari, L., Verret, S., (2011). A meta-analysis to compare speech recognition in noise with bilateral cochlear implants and bimodal stimulation. *International journal of audiology*, 50(12), pp.871–880.
96. Scherf, F.W.A.C. et al., (2009). Functional outcome of sequential bilateral cochlear implantation in young children: 36 months postoperative results. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 73(5), pp.723–730.
97. Schleich, P., Nopp, P., D'Haese, P., (2004). Head shadow, squelch, and summation effects in bilateral users of the MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implant. *Ear and hearing*, 25(3), pp.197–204.
98. SFA, (2006). Guide des bonnes pratiques en audiométrie de l'adulte. Société Française d'Audiologie. Available at: <http://www.sfaudiologie.fr/Drupal/sites/default/files/GBPAA.pdf>
99. SFA, (2013). Guide des bonnes pratiques en audiométrie vocale. Société Française d'Audiologie.
100. Sharma, A., Nasha, A.A., Dorman, M., (2012). Développement cortical, plasticité et réorganisations cérébrales. *Les Cahiers de l'Audition*, 25(2), pp.30–34.

101. Stuart, A., (2008). Reception thresholds for sentences in quiet, continuous noise, and interrupted noise in school-age children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 19(2), pp.135–146; quiz 191–192.
102. Sullivan, J.R., Thibodeau, L.M., Assmann, P.F., (2013). Auditory training of speech recognition with interrupted and continuous noise maskers by children with hearing impairment. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(1), pp.495–501.
103. Summers, V., Molis, M.R., (2004). Speech recognition in fluctuating and continuous maskers: effects of hearing loss and presentation level. *Journal of speech, language, and hearing research: JSLHR*, 47(2), pp.245–256.
104. Tait, M., Nikolopoulos, T.P., De Raeve, L., Johnson, S., Datta, G., Karltorp, E., Ostlund, E., Johansson, U., Van Knegsel, E., Mylanus, E.A.M., Gulpen, P.M.H., Beers, M., Frijns, J.H.M., (2010). Bilateral versus unilateral cochlear implantation in young children. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 74(2), pp.206–211.
105. Taylor, B., (2003). Speech-in-noise tests : How and why to include them in your basic test battery. *The Hearing Journal*, 56(1), pp.40–43.
106. Teissier, N., Doehring, I., Noel-Petroff, N., Elmaleh-Bergès, M., Viala, P., François, M., Faye, A., Van den Abbeele, T., Lorrot, M., (2013). Audiophonological evaluation of 16 children fitted with cochlear implants for sensorineural hearing loss induced by bacterial meningitis. *Archives de pédiatrie*, 20(6), pp.616–623.
107. Tokgoz-Yilmaz, S., Kose, S.K., Turkyilmaz, M.D., Atay, G., (2013). The role of the medial olivocochlear system in the complaints of understanding speech in noisy environments by individuals with normal hearing. *Auris, nasus, larynx*, 40(6), pp.521–524.
108. Truy, E., (2009). Méthodes instrumentales de réhabilitation de l'audition: intérêts et limites. In M. Mondain, V. Brun, *Les surdités de l'enfant*. Entretiens de rééducation et réadaptation fonctionnelle. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, pp. 11–19.
109. Truy, E., Lina, G., (2003). Implantation cochléaire de l'enfant : Technologie, bilan médical et sélection des candidats, réhabilitation. *Archives de Pédiatrie*, 10(6), pp.554–564.
110. Vergnon, L., (2008a). Le développement de l'audition. In *L'Audition dans le chaos*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, pp. 267–278.
111. Vergnon, L., (2008b). Le monde sonore: quelques notions d'acoustique sans oublier le chaos. In *L'Audition dans le chaos*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, pp. 17–24.
112. Vieu, A., (2009). L'évolution du rôle de l'orthophoniste dans la prise en charge de la surdité de l'enfant. In M. Mondain, V. Brun, *Les surdités de l'enfant*. Entretiens de rééducation et réadaptation fonctionnelle. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, pp. 73–79.
113. Vieu, A., Sillon, M., (2004). Évaluation de l'enfant sourd congénital et prélingual avant et après implantation cochléaire. *Rééducation Orthophonique*, Implantations cochléaires(217), pp.91–106.

114. Vincent, C., (2008). Les épreuves de stéréaudiométrie. In O. Deguine, V. Darrouzet, *Électrophysiologie en ORL*. Société Française d'Oto-Rhino-Laryngologie et de Chirurgie de la Face et du Cou, pp. 73–76.
115. Vinter, S., (2005). L'acquisition du langage oral par l'enfant sourd. In P. Dulguerov, M. Remacle, *Précis d'audiophonologie et de déglutition. Tome 1*, Marseille: Solal, pp. 271–292.
116. Wie, O.B., (2010). Language development in children after receiving bilateral cochlear implants between 5 and 18 months. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 74(11), pp.1258–1266.
117. Wilson, R.H., McArdle, R., (2005). Speech signals used to evaluate functional status of the auditory system. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 42(4), pp.79–94.
118. Yang, H.-M., Hsieh, Y.-J., Wu, J.-L., (2012). Speech Recognition Performance under Noisy Conditions of Children with Hearing Loss. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 5(Suppl 1), p.S73-S75.

# **ANNEXES**

# ANNEXE 1

## Anamnèse de l'enfant normo entendant

### ÉTUDE CLINIQUE STEREOPHONIQUE ENFANT NORMO-ENTENDANT

Date :

Coordonnées parents :

#### RENSEIGNEMENTS CLINIQUES

Prénom :

Nom :

Date de naissance :

Si bilinguisme à la maison, langues parlées :

#### DIVERS

Antécédents médicaux :

Problèmes ORL :

Fréquemment malade? :

Traitements actuels :

Prises en charge (orthophonie ou autres) :

· passées :

· actuelles :

#### DÉVELOPPEMENT

Âge de la marche :

Âge des 1ers mots :

Âge des 1ères phrases :

Langage à l'entrée à l'école :

# ANNEXE 2

## Listes de Saussus et Boorsma

Listes pour enfants				Boorsma	
Patient					
Date	Audiomètre	Opérateur	Observations		
CD 4 <span style="float: right;">piste</span>					
<b>1</b> <span style="float: right;"><b>3</b></span>	<b>2</b> <span style="float: right;"><b>4</b></span>	<b>3</b> <span style="float: right;"><b>5</b></span>	<b>4</b> <span style="float: right;"><b>6</b></span>	<b>5</b> <span style="float: right;"><b>7</b></span>	<b>6</b> <span style="float: right;"><b>8</b></span>
la poupée	le ballon	le bouton	la poule	le papa	la tomate
le genou	l'assiette	l'avion	la robe	le journal	la bouche
la corde	le cheval	le cahier	la poire	la bouteille	l'armoire
la noisette	le lavabo	la culotte	le fromage	l'autobus	la brosse
le savon	le garçon	la banane	la nappe	la cravate	le sucre
l'orange	le vélo	le poisson	le crayon	le bébé	la plume
le canard	l'oreille	la cigarette	le garage	l'enfant	la table
la bobine	la vache	le tapis	l'écharpe	la pomme	l'échelle
la canne	la mouche	l'éponge	le peigne	le soulier	le tonneau
le soleil	le magasin	la chaise	la maison	le café	le fauteuil
/ 10	/ 10	/ 10	/ 10	/ 10	/ 10
CD 4 <span style="float: right;">piste</span>					
<b>7</b> <span style="float: right;"><b>9</b></span>	<b>8</b> <span style="float: right;"><b>10</b></span>	<b>9</b> <span style="float: right;"><b>11</b></span>	<b>10</b> <span style="float: right;"><b>12</b></span>	<b>11</b> <span style="float: right;"><b>13</b></span>	<b>12</b> <span style="float: right;"><b>14</b></span>
l'auto	le bateau	le tableau	la tarte	le pigeon	l'ours
la classe	la tête	la valise	l'oiseau	le manteau	le biscuit
le couteau	le cochon	la salade	le costume	le canif	la moto
le livre	le train	le singe	la tortue	le veston	la lampe
la gomme	la carotte	le jambon	le panier	le mouchoir	le chien
le bonbon	la pipe	le bureau	la tasse	le marteau	la fille
le vase	le lapin	le pyjama	la souris	le tiroir	la fourchette
la boîte	le docteur	l'éléphant	le paquet	le tambour	la serviette
la bille	le gâteau	le soldat	la tartine	le mouton	le chat
le chapeau	la patte	la fleur	la montre	l'image	la coque
/ 10	/ 10	/ 10	/ 10	/ 10	/ 10

## ANNEXE 3

### Feuille de recueil des résultats de l'évaluation perceptive Enfants normo-entendants

#### ÉVALUATION PERCEPTIVE

Perception dans le silence : Listes de Saussus et Boorsma au casque à 35 dB

	OD	OG
Liste 1		
Liste 2		
Moyenne		

Perception dans le bruit : Mots Saussus et Boorsma en champ libre (bruit à 60 dB)

	+ 6 dB	+ 4 dB	+ 2 dB	+ 0 dB	- 2 dB	- 4 dB	- 6 dB
Liste 1							
Liste 2							
Moyenne							

#### Concentration : 0 1 2 3 4

- 0 = pas concentré
- 1 = peu concentré
- 2 = concentration variable
- 3 = concentré
- 4 = très concentré

#### Observations :

## ANNEXE 4

### Questionnaire destiné aux enfants normo-entendants

#### Renseignements généraux

Nom : .....

Prénom : .....

Date de naissance : ..... / ..... / .....

#### Fratrie : (Indiquer)

- Nombre de frères et soeurs : .....

- Ages : .....

#### Vous vivez : (Cocher)

en ville

à la campagne

#### Votre enfant partage-t-il sa chambre?

Oui

Non

#### Mode de garde après l'école :

Famille

Etude / Centre aéré

Nounou

=> Indiquer le nombre d'enfants gardés avec lui : .....

#### Comment votre enfant est-il gardé le mercredi? :

Famille

Collectivité type centre aéré

Nounou

=> Indiquer le nombre d'enfants gardés avec lui : .....

#### Niveau scolaire :

- Maternelle :  petite section

moyenne section

grande section

- Élémentaire :  CP

CE1

CE2

Nombre d'élèves en classe : .....

#### Activités extrascolaires :

.....

#### Vous estimez que votre enfant est : (Cocher – plusieurs réponses possibles)

consciencieux / sérieux

anxieux / stressé

timide / réservé

craintif

agité

attentif / concentré

sage / calme

inattentif / distrait

autonome / débrouillard

curieux / intéressé



## ANNEXE 4 (suite)

### Environnement sonore de l'enfant

Évaluez sur une échelle de 0 à 4 le niveau de bruit quand vous ouvrez les fenêtres de votre domicile:

(Entourer - 0 correspondant à un environnement calme et 4 très bruyant) : 0 1 2 3 4

	JAMAIS	RAREMENT	PARFOIS	SOUVENT	TOUJOURS
Vous estimez que votre enfant est confronté à des situations bruyantes...	0	1	2	3	4
A la maison, en présence de votre enfant : vous allumez la télévision, écoutez de la musique / radio ...	0	1	2	3	4
Votre enfant prend part aux activités ou jeux à plusieurs ( <i>jeux de société, jeux dans le jardin...</i> )...	0	1	2	3	4
Votre enfant va au parc, square...	0	1	2	3	4
<b>Déroulement des repas :</b>					
- Vous les prenez tous ensemble...	0	1	2	3	4
- Vous les prenez en regardant la télévision ou en écoutant de la musique / la radio...	0	1	2	3	4
<b>A l'école :</b>					
- Votre enfant mange à la cantine...	0	1	2	3	4
- En récréation, il participe à des jeux avec ses camarades...	0	1	2	3	4

### Dans le bruit

(\* appareils ménagers en marche, dans la rue, au restaurant, repas de famille, conversation à plusieurs...)

	JAMAIS	RAREMENT	PARFOIS	SOUVENT	TOUJOURS
Votre enfant est gêné quand il y a du bruit autour de lui... *	0	1	2	3	4
Lorsque vous lui parlez avec du bruit de fond, il a des difficultés à vous comprendre...	0	1	2	3	4
<b>Lorsque vous lui parlez quand il y a du bruit, (répondre même si vous avez entouré « toujours » à la question précédente)</b>	0	1	2	3	4
- Il ne change pas d'attitude	0	1	2	3	4
- Il manifeste un certain inconfort ( <i>baisse la télé, coupe l'aspirateur, demande le silence...</i> )	0	1	2	3	4
- Il vous regarde plus attentivement	0	1	2	3	4
- Il vous fait répéter	0	1	2	3	4
- Il répond de manière inadaptée	0	1	2	3	4
En présence de bruit de fond, votre enfant peut prendre part à une conversation...	0	1	2	3	4

## ANNEXE 5

### Questionnaire destiné aux enfants sourds implantés cochléaires

#### Renseignements généraux

Nom : .....

Prénom : .....

Date de naissance : ..... / ..... / .....

**Fratricie :** *(Indiquer)*

- Nombre de frères et soeurs : .....

- Ages : .....

**Vous vivez :** *(Cocher)*

en ville

à la campagne

**Votre enfant partage-t-il sa chambre?**

Oui

Non

**Mode de garde après l'école :**

Famille

Etude / Centre aéré

Nounou

=> Indiquer le nombre d'enfants gardés avec lui : .....

**Comment votre enfant est-il gardé le mercredi? :**

Famille

Collectivité type centre aéré

Nounou

=> Indiquer le nombre d'enfants gardés avec lui : .....

**Comment votre enfant est-il gardé le mercredi? :**

Famille

Collectivité type centre aéré

Nounou

=> Indiquer le nombre d'enfants gardés avec lui : .....

**Scolarisation :**  Intégration

CLIS

Spécialisé

**Niveau scolaire :**

- Maternelle :  petite section

moyenne section

grande section

- Élémentaire :  CP

CE1

CE2

**Nombre d'élèves en classe :** .....

**Activités extrascolaires :**

.....

**Vous estimez que votre enfant est :** *(Cocher – plusieurs réponses possibles)*

consciencieux / sérieux

anxieux /stressé

timide / réservé

craintif

agité

attentif / concentré

sage / calme

inattentif / distrait

autonome / débrouillard

curieux / intéressé

## ANNEXE 5 (suite)

### Environnement sonore de l'enfant

Evaluez sur une échelle de 0 à 4 le niveau de bruit quand vous ouvrez les fenêtres de votre domicile:  
(Entourer - 0 correspondant à un environnement calme et 4 très bruyant) :

0 1 2 3 4

	JAMAIS	RAREMENT	PARFOIS	SOUVENT	TOUJOURS
Vous estimez que votre enfant est confronté à des situations bruyantes...	0	1	2	3	4
Il porte ses appareils...	0	1	2	3	4
A la maison, en présence de votre enfant : vous allumez la télévision, écoutez de la musique / radio...	0	1	2	3	4
Votre enfant prend part aux activités ou jeux à plusieurs (jeux de société, jeux dans le jardin...)	0	1	2	3	4
Votre enfant va au parc, square...	0	1	2	3	4
<b>Déroulement des repas :</b>					
- Vous les prenez tous ensemble...	0	1	2	3	4
- Vous les prenez en regardant la télévision ou en écoutant de la musique / la radio...	0	1	2	3	4
<b>A l'école :</b>					
- Votre enfant mange à la cantine...	0	1	2	3	4
- En récréation, il participe aux jeux avec ses camarades..	0	1	2	3	4
- Il utilise une amplification par micro HF...	0	1	2	3	4
- Une personne s'occupe de lui en classe (AVS, codeuse...)	0	1	2	3	4

### Dans le bruit

(\* appareils ménagers en marche, dans la rue, au restaurant, repas de famille, conversation à plusieurs...)

	JAMAIS	RAREMENT	PARFOIS	SOUVENT	TOUJOURS
Votre enfant est gêné quand il y a du bruit autour de lui... *	0	1	2	3	4
Lorsque vous lui parlez avec du bruit de fond, il a des difficultés à vous comprendre...	0	1	2	3	4

## ANNEXE 5 (suite et fin)

<b>Lorsque vous lui parlez quand il y a du bruit,</b> <i>(répondre même si vous avez entouré « toujours » à la question précédente)</i>					
- Il ne change pas d'attitude...	0	1	2	3	4
- Il manifeste un certain inconfort <i>(baisse la télé, coupe l'aspirateur, demande le silence...)</i>	0	1	2	3	4
- Il vous regarde plus attentivement...	0	1	2	3	4
- Il vous fait répéter...	0	1	2	3	4
- Il répond de manière inadaptée...	0	1	2	3	4
En présence de bruit de fond, votre enfant peut prendre part à une conversation...	0	1	2	3	4

### **Les aides à la réception**

(\* visage face à l'enfant pour lecture labiale, LPC, signes...)

	JAMAIS	RAREMENT	PARFOIS	SOUVENT	TOUJOURS
<b>Vous apportez à votre enfant des aides à la réception :</b>					
- Quand vous lui parlez dans une ambiance silencieuse...	0	1	2	3	4
- Quand vous lui parlez dans le bruit...	0	1	2	3	4

## ANNEXE 6

### Grille finale de cotation du questionnaire : enfants normo-entendants

Nom:

Date de  
naissance:

Prénom:

Entraînement dans le bruit						
	0	1	2	3	4	score /41
Nombre de frères et sœurs	enfant unique	plusieurs enfants	<del></del>	<del></del>	<del></del>	
nombre d'enfants gardés avec lui après l'école	gardé seul	avec 1-2-3 enfants	en collectivité	<del></del>	<del></del>	
nombre d'enfants gardés avec lui le mercredi après-midi	gardé seul	avec 1-2-3 enfants	en collectivité	<del></del>	<del></del>	
Niveau de bruit quand vous ouvrez les fenêtres de votre domicile	très calme	plutôt calme	un peu bruyant	bruyant	très bruyant	
Vous estimez que votre enfant est confronté à des situations bruyantes...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
A la maison, en présence de votre enfant : vous allumez la télévision, écoutez de la musique / radio...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Votre enfant prend part aux activités ou jeux à plusieurs (jeux de société, jeux dans le jardin...)	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Votre enfant va au parc, square...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Vous prenez les repas tous ensemble...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Vous les prenez en regardant la télévision ou en écoutant de la musique / la radio...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
A l'école votre enfant mange à la cantine...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
En récréation, il participe aux jeux avec ses camarades..	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	

Inconfort en contexte bruyant						
	0	1	2	3	4	score /4
Votre enfant est gêné quand il y a du bruit autour de lui	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	

Difficultés à percevoir la parole dans le bruit: "en présence de bruit de fond" :						
	0	1	2	3	4	score /20
Lorsque vous lui parlez présence de bruit de fond ...						
Il a des difficultés à vous comprendre...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Il vous regarde plus attentivement...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Il vous fait répéter...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Il répond de manière inadaptée...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Il ne peut pas prendre part à une conversation	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	

## ANNEXE 7

### Grille finale de cotation du questionnaire : enfants implantés cochléaires

Nom:

Date de  
naissance:

Prénom:

Entraînement dans le bruit						
	0	1	2	3	4	score /45
Nombre de frères et sœurs	enfant unique	plusieurs enfants	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	
nombre d'enfants gardés avec lui après l'école	gardé seul	avec 1-2-3 enfants	en collectivité	<del> </del>	<del> </del>	
nombre d'enfants gardés avec lui le mercredi après-midi	gardé seul	avec 1-2-3 enfants	en collectivité	<del> </del>	<del> </del>	
Niveau de bruit quand vous ouvrez les fenêtres de votre domicile	très calme	plutôt calme	un peu bruyant	bruyant	très bruyant	
Vous estimez que votre enfant est confronté à des situations bruyantes...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Il porte ses appareils...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
A la maison, en présence de votre enfant : vous allumez la télévision, écoutez de la musique / radio...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Votre enfant prend part aux activités ou jeux à plusieurs (jeux de société, jeux dans le jardin...)	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Votre enfant va au parc, square...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Vous prenez les repas tous ensemble...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Vous les prenez en regardant la télévision ou en écoutant de la musique / la radio...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
A l'école votre enfant mange à la cantine...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
En récréation, il participe aux jeux avec ses camarades..	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	

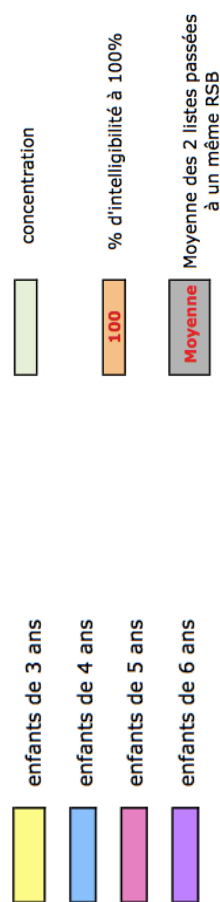
Inconfort en contexte bruyant						
	0	1	2	3	4	score /4
Votre enfant est gêné quand il y a du bruit autour de lui	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	

Difficultés à percevoir la parole dans le bruit: "en présence de bruit de fond" :						
	0	1	2	3	4	score /21
Lorsque vous lui parlez présence de bruit de fond ...						
Il a des difficultés à vous comprendre...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Il vous regarde plus attentivement...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Il vous fait répéter...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Il répond de manière inadaptée...	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
Il ne peut pas prendre part à une conversation	jamais	rarement	parfois	souvent	toujours	
vous lui prodiguez plus d'aide à la réception que dans le silence	non	oui	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	

# ANNEXE 8

## Résultats perceptifs des enfants normo-entendants aux RSB -2, -4 et -6 dB

enfants	âge	RSB -2		RSB -4		RSB -6		RSB -6 Moyenne	concentration
		Liste 1	Liste 2	Liste 1	Liste 2	Liste 1	Liste 2		
1	3;03	100	100	70	30	70	60	65	2
2	3;05	90	90	70	60	60	90	75	2
3	3;08	90	90	50	80	70	60	65	4
4	3;11	100	60	60	60	30	40	35	4
5	3;11	80	70	90	60	60	60	60	3
6	3;11	100	100	80	90	60	80	70	4
7	4;04	90	90	50	60	60	70	65	3
8	4;06	80	100	70	60	20	60	40	2
9	4;07	100	100	100	100	30	50	40	3
10	4;08	100	100	80	40	70	30	50	2
11	4;09	100	100	70	60	90	100	95	2
12	4;09	100	100	90	70	60	60	60	4
13	4;06	100	100	100	100	60	60	60	4
14	4;08	90	90	50	60	90	100	95	2
15	5;00	90	60	60	70	60	60	60	3
16	5;02	100	100	70	80	80	80	80	4
17	5;05	70	80	70	90	80	90	85	3
18	5;07	80	90	80	100	90	60	75	4
19	5;07	100	100	90	90	80	80	80	4
20	5;08	100	100	70	100	70	80	75	3
21	5;09	100	100	80	80	100	100	100	4
22	6;04	90	100	60	90	30	50	40	4
23	6;04	100	100	100	100	60	60	60	3
24	6;07	100	100	50	90	90	90	90	4
25	6;08	80	90	60	70	70	80	75	2
26	6;08	100	100	70	90	80	80	80	4
27	6;09	100	100	100	100	100	100	100	4
28	6;10	100	100	60	70	50	30	40	4
29	6;11	100	100	100	100	50	90	70	3
30	6;11	90	100	70	100	100	100	100	4



## ANNEXE 9

### Scores au questionnaire : enfants normo-entendants

Enfants	Score entraînement dans le bruit / 41	Score inconfort en contexte bruyant / 4	Score difficultés perception parole dans le bruit / 20
1	28	2	4
2	23	0	1
3	29	1	0
4	26	0	11
5	30	0	0
6	24	0	11
7	29	2	8
8	27	0	8
9	25	1	5
10	27	2	9
11	31	3	1
12	28	2	9
13	29	3	0
14	29	0	1
15	23	1	6
16	31	2	5
17	24	1	2
18	25	0	1
19	24	0	1
20	28	0	3
21	28	0	0
22	20	3	9
23	28	0	7
24	28	2	11
25	30	0	1
26	26	2	8
27	22	0	4
28	28	0	9
29	29	2	13
30	21	2	5



## ANNEXE 10

### Scores au questionnaire : enfants implantés cochléaires

Enfants	Score Entraînement dans le bruit /45	Score Inconfort en contexte bruyant /4	Score Difficultés à percevoir la parole dans le bruit / 21
1	32	3	12
2	36	4	17
3	26	2	14
4	30	3	8
5	31	3	12
6	31	3	13
7	35	0	10
8	30	0	6
9	29	3	7
10	32	1	12
11	31	3	13
12	31	2	10
13	30	2	11
14	29	2	10
15	32	3	14
16	33	2	15
17	38	1	12
18	34	2	9
19	32	3	11
20	23	0	10
21	35	1	2
22	22	3	8
23	35	1	8
24	26	3	11
25	30	2	14
26	33	1	9
27	25	3	13
28	24	3	13
29	34	2	8
30	34	3	7
31	30	1	1
32	34	1	6
33	37	2	12
34	27	3	14
35	26	2	7
36	35	3	13
37	31	2	11
38	31	1	8
39	36	0	4
40	35	2	2
41	21	2	10
42	31	3	9
43	34	2	13

# LA PERCEPTION AUDITIVE DANS LE BRUIT CHEZ LE JEUNE ENFANT NORMO-ENTENDANT ET IMPLANTÉ COCHLÉAIRE

## Résumé :

Cette étude vise à rendre compte des pratiques actuelles relatives à l'évaluation perceptive dans le bruit des enfants implantés cochléaires de 3 à 6 ans, de leurs performances ainsi que de celles des enfants normo-entendants (NE) de même âge. Pour cela, nous avons soumis trente enfants NE à une audiométrie vocale dans le bruit portant sur des mots à différents rapports signal sur bruit (RSB). De plus, nous avons recueilli les scores perceptifs obtenus aux épreuves dans le bruit (RSB +6 dB) lors des bilans orthophoniques de 49 enfants implantés cochléaires. Enfin, nous avons élaboré un questionnaire écologique que nous avons soumis aux parents des enfants inclus dans l'étude. Les résultats révèlent que les enfants NE obtiennent tous 100% d'intelligibilité jusqu'au RSB 0dB. Pour les trois RSB les plus défavorables (-2, -4, -6 dB), il y a un effet de l'âge sur les performances. Les enfants implantés obtiennent de moins bonnes performances dans le bruit que les NE et celles-ci sont corrélées à leurs performances perceptives dans le silence. Le protocole d'évaluation des enfants implantés cochléaires pourrait être ajusté à la lumière des résultats des enfants NE : l'audiométrie vocale dans le bruit portant sur des mots devrait être réalisée au RSB 0 dB, et ce dès l'âge de 3 ans.

Mots clés : audition dans le bruit, enfants, implant cochléaire, normo-entendant, évaluation perceptive

## Abstract :

The aim of this study is to report on the way speech in noise is currently evaluated in cochlear implanted children aged 3 to 6 at the Paris Necker hospital, on their performance and on that of aged-matched normal hearing (NH) children. To this end, we submitted 30 NH children to a speech audiometry test with words at different signal to noise ratio (SNR). We also collected 49 implanted children speech recognition scores in noise (SNR +6 dB) obtained during speech therapy assessments. We finally designed a questionnaire and administered it to all children's parents. Results show that all NH children achieved a score of 100% up to SNR 0 dB. Under the three least favourable SNR conditions (-2, -4, -6 dB), performance is related to age. Implanted children do not perform as well as NH children. Their speech recognition scores in silence and noise are interlinked. Cochlear implanted children's assessment protocol may be adjusted considering the NH children's findings. Speech audiometric testing should be carried out at SNR 0 dB, starting at age 3.

Keywords : hearing in noise, children, cochlear implant, normal hearing, auditory perception assessment

Nombre de pages du mémoire : 60 + 13 pages d'annexes

Nombre de références bibliographiques : 118