



HAL
open science

Le renouvellement du processeur vocal chez l'adulte implanté cochléaire

Estelle Demotes-Mainard, Claire Gauthier

► **To cite this version:**

Estelle Demotes-Mainard, Claire Gauthier. Le renouvellement du processeur vocal chez l'adulte implanté cochléaire. Sciences cognitives. 2013. dumas-00868501

HAL Id: dumas-00868501

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00868501v1>

Submitted on 29 Oct 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.

ACADEMIE DE PARIS

UNIVERSITE PARIS VI PIERRE et MARIE CURIE

MEMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

**LE RENOUVELLEMENT DU PROCESSEUR VOCAL CHEZ L'ADULTE
IMPLANTE COCHLEAIRE**

Directrices de mémoire

Emmanuèle AMBERT-DAHAN

et

Stéphanie BOREL

Année universitaire 2009-2013

Estelle DEMOTES-MAINARD

Née le 26 janvier 1989

Claire GAUTHIER

Née le 22 avril 1988

REMERCIEMENTS

Nous remercions le professeur Sterkers ainsi que toute l'équipe du service ORL de l'hôpital Beaujon, puis la Pitié-Salpêtrière pour nous avoir accueillies et permis de réaliser notre étude, durant cette année.

Nous tenons tout particulièrement à remercier Stéphanie Borel et Emmanuèle Ambert-Dahan, qui nous ont guidées et conseillées tout au long de notre projet. Merci de nous avoir intégrées à l'équipe d'implantation cochléaire le temps d'une année.

Merci à tous les patients qui se sont portés volontaires pour participer à notre étude, et notamment au patient 6 qui a accepté avec enthousiasme et motivation nos séances de rééducation.

Merci à Annie Dumont d'avoir accepté d'être le rapporteur de notre mémoire.

Merci à nos amies de promo, avec qui nous avons partagé les mauvais comme les bons moments durant ces quatre années d'étude.

Merci à nos familles pour leur soutien sans faille, aussi bien tout au long de cette année de mémoire que durant nos années d'études.

Merci aux garçons pour vos coups de main, votre présence (même à distance) et votre soutien inconditionnel !

Engagement de non plagiat

Je soussignée Estelle DEMOTES-MAINARD, déclare être pleinement conscient(e) 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 Claire GAUTHIER déclare être pleinement conscient(e) 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 MATIERES

INTRODUCTION	1
PARTIE 1 : L'IMPLANT COCHLEAIRE	4
I. Historique de l'implant cochléaire (Estelle Demotes-Mainard)	4
1. L'invention	4
2. La commercialisation	5
II. Le fonctionnement de l'implant (Claire Gauthier).....	6
1. Définition et principe de base	6
2. Les composants de l'implant cochléaire.....	7
a. La partie externe (ou processeur externe).....	7
b. La partie interne	7
3. Le fonctionnement	8
4. L'intervention chirurgicale.....	8
5. Les limites techniques de l'implant	9
III. Les indications d'implantation cochléaire (Claire Gauthier).....	9
IV. Le protocole d'implantation (Claire Gauthier).....	11
1. Le bilan pré-implant de l'adulte.....	11
2. Le bilan orthophonique pré-implant	12
V. La prise en charge orthophonique (Estelle Demotes-Mainard).....	13
1. L'intérêt d'une prise en charge	13
2. Le suivi post-implantation	14
a. Les réglages.....	14
b. Les bilans post-implantations.....	14
3. La rééducation orthophonique.....	17
a. La lecture labiale	17
b. L'entraînement auditif.....	18
PARTIE 2 : LE RENOUVELLEMENT	20
I. Définition du renouvellement (Claire Gauthier)	20
1. Le cadre législatif.....	20
2. La prise en charge financière	20
a. La prise en charge financière des implants cochléaires	20
b. La prise en charge du renouvellement du processeur	21
3. Les indications de renouvellement	21
4. Les conditions de renouvellement.....	21
a. Les conditions habituelles	21
b. La condition particulière	22
II. Les processeurs vocaux (Claire Gauthier).....	22
1. Les stratégies de codage	22
a. Le fonctionnement des stratégies de codage	22
b. Les différentes stratégies de codage	23
2. L'évolution des processeurs	26
a. Le boîtier	26
b. Les contours d'oreille	26

c.	Exemples d'évolution de processeur vocal	27
3.	L'entretien des processeurs	29
III.	Revue de littérature : apports du renouvellement (Estelle Demotes-Mainard)	30
1.	Le renouvellement du processeur vocal sans changement de stratégie.....	30
2.	Le renouvellement du processeur vocal avec changement de stratégie.....	31
PARTIE 3 : L'IMPLANT COCHLEAIRE DANS TROIS SITUATIONS AUDITIVES.....		33
I.	La perception acoustique avec un implant cochléaire (Claire Gauthier).....	33
1.	Généralités	33
2.	Les particularités de la perception acoustique de la parole chez les sujets implantés cochléaire.....	34
a.	La fréquence fondamentale	34
b.	Les basses fréquences	35
c.	La modulation temporelle.....	35
3.	Les conséquences à différents niveaux de perception.....	36
a.	Au niveau de la prosodie.....	36
b.	Au niveau de la voix	36
c.	Au niveau des émotions	37
d.	Au niveau de l'intonation	38
II.	L'implant cochléaire et le bruit (Claire Gauthier).....	38
1.	Notions d'acoustique concernant l'intelligibilité de la parole dans le bruit...	38
2.	La compréhension de la parole dans le bruit chez les sujets implantés cochléaire	39
3.	La réhabilitation de l'intelligibilité de la parole dans le bruit.....	40
a.	La binauralité.....	40
b.	L'entraînement au bruit	42
4.	L'apport du renouvellement	42
III.	L'implant cochléaire et le téléphone (Estelle Demotes-Mainard).....	43
1.	Les difficultés rencontrées par les personnes sourdes	43
2.	Le téléphone avec l'implant cochléaire.....	44
3.	L'importance d'une prise en charge	46
IV.	L'implant cochléaire et la musique (Estelle Demotes-Mainard).....	47
1.	Les difficultés rencontrées par les personnes sourdes	47
a.	La perception dégradée du timbre et de la mélodie.....	48
b.	La perte des basses fréquences	49
c.	La structure fine	50
d.	La baisse du champ dynamique	50
2.	L'apport par le renouvellement	50
3.	La musique par rapport à la parole.....	51
4.	L'importance de l'entraînement spécifique à l'écoute de la musique	52
PARTIE PRATIQUE (rédigée en commun)		54
I.	Problématique	55
II.	Hypothèses.....	56
III.	Population d'étude.....	59
IV.	Protocole: élaboration et procédure.....	61
1.	Les tests subjectifs	62
a.	Choix des questionnaires	62

b.	Contenu des questionnaires	63
c.	Cotation des questionnaires.....	64
2.	Les tests objectifs	65
a.	Contenu des tests	65
b.	Conditions de passation.....	67
3.	Cas clinique : le patient 6	67
4.	Traitement statistique	69
V.	Analyse des résultats	70
1.	Présentation des résultats	70
2.	Analyse statistique des résultats suivant les hypothèses posées	71
VI.	Discussion	85
1.	Validation des hypothèses.....	85
2.	Pistes rééducatives	95
3.	Critiques de l'étude.....	98
a.	Limites intrinsèques	98
b.	Limites extrinsèques	99
CONCLUSION		100

INTRODUCTION

L'implant cochléaire est une prouesse technologique majeure du 20^{ème} siècle notamment en matière de santé publique. Depuis son développement dans les années 50, il a permis aux personnes sourdes de sortir de l'isolement dans lequel ils étaient, en réhabilitant l'audition.

La technologie des quatre fabricants d'implants cochléaires ne cesse d'évoluer pour offrir la meilleure audition possible. Ils intègrent aujourd'hui des stratégies de codage de plus en plus fines, et des accessoires plus nombreux et plus sophistiqués. Les personnes nouvellement implantées bénéficient donc d'une technologie de pointe. Mais qu'en est-il des personnes qui ont été implantées plusieurs années auparavant ? Elles peuvent désormais elles aussi bénéficier d'un système externe plus récent.

En effet, depuis 2010, la Sécurité sociale prend en charge financièrement le renouvellement des processeurs vocaux pour des personnes implantées depuis plus de cinq ans si leur audition n'est plus satisfaisante. Ainsi, les personnes, dont le processeur vocal est d'ancienne génération, peuvent avoir accès à la modernisation de ce système externe.

Différentes études ont depuis évalué les nouvelles performances auditives des patients après le renouvellement des processeurs vocaux, mais peu d'entre elles les intègrent dans des situations écologiques. Notre questionnement s'est alors porté sur les bénéfices qu'apportent les nouveaux processeurs vocaux, dans des situations de la vie quotidienne comme la compréhension dans le bruit ou l'utilisation du téléphone. Le renouvellement apporte-t-il des bénéfices ? Si oui lesquels ? Peut-il améliorer la qualité de vie des patients ?

Après quelques rappels sur le fonctionnement de l'implant cochléaire, nous décrivons les modalités du renouvellement du processeur vocal et présenterons différentes études sur l'apport du renouvellement. Puis nous nous intéresserons aux particularités d'une audition avec un implant cochléaire dans trois situations : dans le bruit, au téléphone et à l'écoute de la musique. A travers la littérature, nous aborderons l'apport du renouvellement dans ces trois situations.

Dans une seconde partie, après la description du protocole de cette étude, nous comparerons les résultats de 14 patients avant et après le renouvellement de leur processeur vocal.

PARTIE THEORIQUE

PARTIE 1 : L'IMPLANT COCHLEAIRE

I. Historique de l'implant cochléaire

1. L'invention

L'implant cochléaire est une prothèse implantée, dont le rôle est de réhabiliter l'audition.

Les premières recherches ont été effectuées en 1957 par André Djourno et Charles Eyriès à Paris. Ils eurent l'idée de stimuler électriquement l'oreille interne d'un patient atteint de cophose bilatérale par un couple de bobines, dont l'une d'elles était branchée à une électrode placée contre une des branches du nerf acoustique. Ce fut le premier implant cochléaire. Les travaux furent ensuite repris par W. House, aux Etats-Unis, en positionnant l'électrode de façon plus stable, dans la fenêtre ronde.

Les résultats de ces essais furent satisfaisants : les patients purent percevoir le rythme de la parole même si celle-ci n'était pas intelligible. Néanmoins, cela permettait aux personnes présentant une surdité profonde de recouvrer des capacités de perception auditive, notamment à travers la perception du rythme. De plus, elles développaient une meilleure lecture labiale [19]

Dans les débuts des années 70, Michelson et Merzenich, puis Macleod et Chouard, et enfin Meyer un peu plus tard, travaillèrent sur le développement d'appareils multi-électrodes permettant l'accès à une discrimination verbale sans l'aide de la lecture labiale. Le but était alors d'implanter plusieurs électrodes suffisamment espacées (pour éviter la stimulation d'une électrode sur une autre), afin d'augmenter la discrimination fréquentielle et donc de permettre la discrimination de la hauteur. Entre 1969 et 1976, il y eut donc les premiers essais avec l'implantation de 4 puis 6 et enfin 8 électrodes positionnées de façon isolée. En France, les implantations furent réalisées par C.H. Rouard et Macleod. C'est d'ailleurs ce dernier que l'on nomme « l'inventeur » de l'implant « intracochléaire multi-électrodes » [19].

La première implantation en France fut réalisée en 1976, à l'hôpital Saint-Antoine à Paris. Dans un article publié à la même date, ces chercheurs annoncèrent que les 7 patients implantés avec ce système d'implant 8-canaux avaient une

compréhension de 50 % de mots sans lecture labiale [85]. Le brevet fut alors déposé en 1977.

La mise au point industrielle de l'implant cochléaire multi-électrodes s'étala entre 1977 et 1997. Mais dans les premiers temps, les premiers appareils étaient volumineux et lourds. L'objectif fut donc de réduire la taille de l'implant et de simplifier la mise en place des 8 puis des 12 électrodes dans la cochlée pour que sa diffusion soit plus grande.

Aux Etats-Unis dans les années 80, des recherches sur les stratégies de codage permirent d'affiner le traitement du signal. En 1983, les Australiens et Autrichiens mirent au point un appareil qui tenait dans la main. Le traitement de signal s'élargit de plus en plus au niveau spectral, il pouvait dorénavant comporter le 2^{ème} formant des voyelles. En 1992, il comportait déjà une grande partie du spectre fréquentiel de la parole.

La recherche n'a pas fini de faire évoluer l'implant cochléaire.

2. La commercialisation

Beaucoup de sociétés étrangères commercialisèrent alors les implants cochléaires.

Aujourd'hui il existe 4 fabricants à travers le monde :

- Cochlear® (créé en 1981), marque australienne qui fabrique le système Nucleus Freedom™ [104].
- Advanced Bionics®, (créé en 1993) marque anciennement américaine, rachetée par le groupe suisse SANOVA® en 2009 qui fabrique le système d'implant cochléaire HiRes Bionic Ear™ [101].
- Med-El® (créé en 1976), marque autrichienne avec le système d'implant Maestro™ [103].
- Neurelec-MXM® (créé en 1977), marque française fabriquant le système d'implant Digisonic SP™, rachetée en 2013 par le groupe danois William Demant® [102].

De nos jours, l'implant cochléaire est un système de réhabilitation auditive employé dans le monde entier aussi bien auprès de jeunes enfants atteints de surdités congénitales que d'adultes présentant des surdités acquises. Il y a plus de 6000 patients implantés en France et plus de 200 000 dans le monde [85].

Marque d'implant	Type de processeur	Stratégies de codage
Advanced Bionics	<ul style="list-style-type: none"> • Harmony • Neptune • Auria 	HiRes 120 HiRes 120 HiRes, CIS
Cochlear	<ul style="list-style-type: none"> • Nucleus CP 810 • Nucleus Freedom • ESPrit 3G 	ACE ACE ACE, SPEAK, CIS
Med-EL	<ul style="list-style-type: none"> • Opus 2 • Opus 1 • Tempo + 	HDCIS, FSP, FS4, FS4p CIS CIS
Neurelec	<ul style="list-style-type: none"> • Saphyr • Digi SP 	SPEAK, CIS SPEAK

Tableau 1 : Tableau récapitulatif sur les types de processeurs et les stratégies de codage selon le modèle d'implant cochléaire commercialisé.

II. Le fonctionnement de l'implant

[87] [5] [47] [99] [100]

1. Définition et principe de base

L'implant cochléaire est une technique de réhabilitation auditive qui permet de stimuler électriquement la cochlée lorsque son fonctionnement est défaillant. Son principe est de stimuler directement les fibres du nerf auditif par l'intermédiaire d'électrodes insérées chirurgicalement dans la rampe tympanique de la cochlée. Il est un transducteur qui transforme le signal acoustique en un signal électrique [4].

Grâce à des stratégies de codage, ainsi qu'à des réglages adaptés, il permet la stimulation des voies auditives centrales pouvant restaurer ainsi les capacités de compréhension et de communication.

2. Les composants de l'implant cochléaire

[4] [87] [97]

L'implant cochléaire se compose de deux parties :

a. La partie externe (ou processeur externe)

Elle a la forme d'un contour d'oreille, un peu plus volumineux qu'une aide auditive conventionnelle. La partie externe comprend le microphone, le processeur vocal (ou système de traitement du signal), la source d'énergie (batterie ou piles), et une antenne reliée par un câble. Cette antenne est fixée en arrière de l'oreille et transmet les informations traitées par le processeur à travers la peau, grâce à un aimant.

b. La partie interne

Cette partie comprend :

- un récepteur sous-cutané : il est placé au niveau de l'os mastoïdien et reçoit les informations par l'antenne qu'il transfère alors au faisceau d'électrodes.
- le faisceau d'électrodes (de 12 à 22 électrodes selon les modèles) réunies sur un porte-électrodes inséré dans la rampe tympanique de la cochlée.

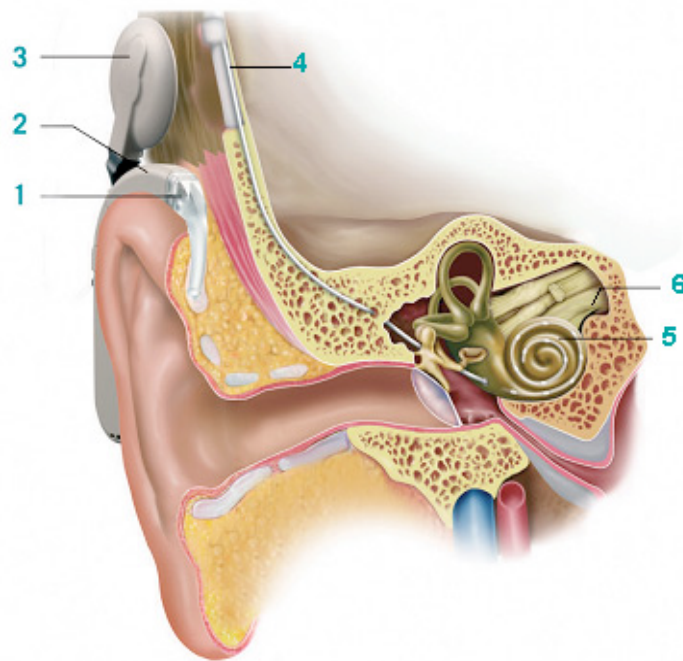


Figure 1 : L'implant cochléaire [97]

3. Le fonctionnement

L'implant cochléaire fonctionne de la manière suivante : le microphone (1) capte en premier lieu les sons de l'environnement. Ces sons sont ensuite transmis au processeur vocal (2) qui filtre, analyse et numérise les sons en signaux codés. Un codage spécial convertit ces sons en impulsions électriques. Elles sont ensuite envoyées à l'antenne (3) qui les transmet au récepteur interne à travers la peau au moyen d'onde radio.

L'implant interne (4) capte les ondes radio, les décode et envoie ces impulsions électriques au faisceau d'électrodes (5). Ces électrodes stimulent les fibres du nerf auditif (6), qui transmet à son tour ces signaux aux centres auditifs du cerveau. Le cerveau analyse alors ces signaux comme des sons.

4. L'intervention chirurgicale

La réhabilitation par implantation cochléaire nécessite une intervention chirurgicale afin de mettre en place les électrodes et le récepteur interne [100].

Cette intervention se fait sous anesthésie générale et n'excède pas deux heures. Elle implique une hospitalisation de deux à trois jours. Il n'y a pas de soins spécifiques post-opératoires à envisager. En revanche, des vertiges ou acouphènes peuvent survenir, mais ils ne sont que temporaires. Les fils sont enlevés environ neuf jours après l'opération. L'activation des électrodes est prévue en général trois semaines après l'intervention, le temps de la cicatrisation.

Dans certains cas, l'intervention peut rendre inefficace les restes auditifs du côté opéré, mais les techniques actuelles tentent de les préserver au maximum grâce à des techniques mini-invasives.

5. Les limites techniques de l'implant

L'implant cochléaire associé à une rééducation orthophonique et des réglages adaptés permet d'améliorer la compréhension et la communication. Mais cette technologie a ses limites.

La principale limite de l'implant cochléaire concerne la perception globale. En effet, l'implant cochléaire ne restitue pas la structure temporelle fine du signal. Il n'est pas encore suffisamment performant pour analyser cette structure, composée de fluctuations rapides (durée < 2ms). Il ne peut pas prioriser la parole par rapport au bruit : le bruit est donc analysé au même niveau que la parole. De plus, les messages passant par haut-parleurs (télévision, radio, etc.) ne sont pas non plus compris de manière fiable et stable du fait de la dynamique fréquentielle restreinte.

C'est pourquoi la compréhension dans le bruit, au téléphone et l'écoute de la musique restent difficile pour un sujet implanté ; et une prothèse controlatérale ne pallie pas toujours ce problème.

Enfin, l'implant cochléaire est un appareil manufacturé : il est donc susceptible de tomber en panne, ou de s'abîmer s'il n'est pas bien entretenu.

III. Les indications d'implantation cochléaire

Les indications d'implantation en France ont évolué depuis leurs débuts dans les années 70. Les critères audiométriques ont considérablement été élargis tandis que

les autres critères – chirurgicaux, médicaux, radiologiques, psychologiques et comportementaux — n’ont que peu évolué. [98]

Les premières indications ne concernaient que les cophoses bilatérales, puis grâce au développement des connaissances, les critères se sont élargis : ainsi sont concernées les surdités profondes et sévères dont le bénéfice avec les appareils auditifs conventionnels est limité à 30% de reconnaissance correcte lors des tests d’audiométrie vocale sans l’aide de la lecture labiale.

Les personnes concernées par l’implantation cochléaire unilatérale, selon la Haute Autorité de Santé dans son rapport de mai 2007 (« Traitement de la surdité par pose d’implants cochléaires ou pose d’implants du tronc cérébral ») [99] sont:

- les patients présentant une surdité neurosensorielle sévère à profonde bilatérale, après échec ou inefficacité d’un appareillage acoustique conventionnel,
- les patients ayant une discrimination inférieure ou égale à 50% lors de tests d’audiométrie vocale avec la liste cochléaire de Fournier (appliqués à 60dB, en champ libre et avec des prothèses adaptées),
- les patients avec des fluctuations au niveau de l’audition : c’est la fréquence et la durée de ces fluctuations qui déterminent l’indication à la pose d’un implant cochléaire, en particulier si celles-ci ont des conséquences majeures sur la communication et s’il y a absence de récupération,
- les patients sans trouble neurocognitif,

Il n’y a pas de limite d’âge à la pose d’implants cochléaires,

Actuellement, les indications d’implantation cochléaire sont en cours d’évolution et ouvrent le champ des conditions [98] : la gêne fonctionnelle et l’évolution de la surdité sont désormais prises en compte. La courbe seule d’audiométrie tonale n’a plus la primauté sur les indications d’implantation : la compréhension du patient ainsi que le retentissement de son handicap sur sa qualité de vie sont de plus en plus reconnus. Ainsi certains patients ayant une surdité sévère mais avec des restes auditifs sur l’oreille controlatérale exploitable par une prothèse auditive sont néanmoins candidats à une implantation, compte tenu de l’évolution de leur atteinte auditive.

Quant à l'implantation bilatérale, sont concernés :

- les patients dont la cause de la surdité risque de s'accompagner à court terme d'une ossification cochléaire bilatérale, dans les cas de méningite ou de fracture bilatérale du rocher,
- les patients adultes porteurs d'un implant cochléaire unilatéral, dont la perte du bénéfice audioprothétique du côté opposé est accompagnée de conséquences socioprofessionnelles ou d'une perte d'autonomie chez une personne âgée.

IV. Le protocole d'implantation

1. Le bilan pré-implant de l'adulte

[93] [25]

Suite à ces critères d'indication à la pose d'un implant cochléaire, le patient bénéficiera d'un bilan pré-implant réalisé par l'équipe d'implantation du centre référent.

La plupart des équipes se compose [93] :

- d'un chirurgien ORL pour effectuer différents examens chirurgicaux, otologiques et audiolologiques. Parmi ceux-ci, citons l'audiogramme, les potentiels évoqués auditifs, les examens vestibulaires et radiologiques, un scanner et une IRM (imagerie par résonance magnétique)
- d'un orthophoniste, qui déterminera les capacités et les moyens de communication du patient, ainsi que les stratégies mises en place pour communiquer.
- d'un psychologue afin d'évaluer le retentissement de la surdité dans la vie du patient, de juger la demande du patient, sa motivation, ses attentes et les bénéfices attendus par l'implant ainsi qu'une éventuelle appréhension quant à l'intervention chirurgicale.
- d'une assistante sociale qui accompagnera le patient dans ses démarches.

Le patient pourra s'il le souhaite rencontrer des patients implantés ou des représentants d'association de patients implantés.

2. Le bilan orthophonique pré-implant

Le bilan orthophonique fait partie du bilan général de pré-implantation. Il comporte plusieurs objectifs :

- retracer l'histoire de la surdité (l'anamnèse)
- déterminer la plainte du patient et sa demande
- recenser les modalités de communication utilisées par le patient (lecture labiale, écriture, LSF, etc.)
- observer le comportement en général et les modalités d'adaptation au handicap
- évaluer le niveau d'intégration auditive dans plusieurs configurations :
 - ⇒ en audition seule
 - ⇒ avec prothèse(s) auditive(s) seule(s)
 - ⇒ avec lecture labiale seule
 - ⇒ avec audition/prothèse(s) et lecture labiale
- évaluer les difficultés de compréhension dans la vie quotidienne : milieu bruyant, réunions, conférences, téléphone, télévision, etc.
- analyser le contrôle vocal (intensité, timbre et débit) ainsi que l'intelligibilité de la parole
- observer les processus d'attention et de mémorisation avec un bilan neuropsychologique le cas échéant.
- évaluer le niveau de langage oral de certains patients (si leur langue maternelle n'est pas le français, s'ils présentent des troubles associés etc.)
 - ⇒ sur le versant expression (lexique, syntaxe et pragmatique)
 - ⇒ sur le versant réception, c'est-à-dire les capacités de compréhension

- définir le contexte socio-professionnel et les répercussions de la surdité sur le statut social
- déterminer le niveau socio-culturel, les centres d'intérêt, et l'appétence du patient pour les activités linguistiques (lecture, écriture, jeux de langage, etc.)

V. La prise en charge orthophonique

Selon le « décret n°2002-721 du 2 mai 2002 relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession d'orthophoniste », ce dernier est habilité à proposer une « rééducation et une conservation de la voix, de la parole et du langage, [...] et l'apprentissage de la lecture labiale, y compris dans le cas d'implants cochléaires ou d'autres dispositifs de réhabilitation ou de suppléance de la surdité ».

1. L'intérêt d'une prise en charge

Très rapidement, une fois implanté, le patient entend la parole mais ne la comprend pas. En effet, les informations provenant du signal électrique de l'implant sont différentes du signal acoustique qu'il entendait autrefois. De plus, en cas d'une longue et importante privation auditive, la réhabilitation de son audition peut être plus ou moins difficile [6]. C'est pourquoi, après avoir été implanté, une rééducation orthophonique lui est proposée afin de réapprendre à appréhender le monde sonore et à améliorer la compréhension du langage oral. Le rôle essentiel de l'orthophoniste est d'accompagner le patient à décoder ce nouvel environnement sonore, d'y prendre des repères et de réinvestir sereinement les différentes situations de communication.

C'est généralement dans la première année que les progrès sont les plus importants.

D'après l'étude réalisée sur « les performances et les complications de l'implant cochléaire chez 134 patients adultes implantés depuis 1990 », [66] les auteurs notent une amélioration relativement importante des performances chez des patients qui suivent une rééducation orthophonique à raison de deux séances par semaine, dans les six premiers mois. En effet, six mois après l'implantation, les patients

comprennent 65% des mots dissyllabiques de Fournier, ainsi que 77% de phrases sans contexte.

La rééducation trouve tout son intérêt dans le fait que la surdité chez les adultes est un handicap invisible ayant des répercussions majeures sur la communication. Ils peuvent être parfois écartés d'une vie professionnelle et sociale. L'implant cochléaire permet au patient d'accéder au monde sonore et d'adapter son comportement pour conserver des interactions sociales. Mais pour cela, un entraînement adapté doit être proposé.

2. Le suivi post-implantation

a. Les réglages

L'activation des électrodes est prévue trois semaines environ après l'intervention chirurgicale. Dès le premier jour de l'activation, le professionnel effectue un premier réglage pour déterminer des seuils électriques de perception et de confort pour chaque électrode. Lors du fonctionnement de l'appareil, l'intensité de la stimulation apportée par chaque électrode est comprise entre les valeurs minimales et maximales qui sont propres à chaque patient. Les réglages successifs permettront de les ajuster en fonction des besoins du patient. [31]

Le patient revient une à deux semaines après son premier réglage puis tous les mois jusqu'à ce que les seuils soient bien stabilisés. Ensuite, tous les ans, une vérification de la partie interne et un réglage sont effectués, ainsi qu'une consultation ORL.

Le but de ces réglages est de parvenir à une optimisation de la perception auditive pour obtenir un réglage qui allie confort et qualité d'écoute. Ils permettent également de vérifier le fonctionnement de chaque électrode.

Le bilan orthophonique, effectué lui aussi chaque année, évalue les compétences de communication en vie quotidienne.

b. Les bilans post-implantations

Pour évaluer l'accès au langage et à la parole, plusieurs bilans post-implantation sont effectués :

- à trois mois,
- à six mois,
- au bout d'un an,
- puis tous les ans.

Ceux-ci doivent être réalisés dans des conditions d'audition optimales. Les épreuves doivent être à la fois les plus objectives et les plus écologiques possibles, et doivent tenir compte des capacités auditives, psychologiques et cognitives de chaque patient.

➤ Buts de l'évaluation orthophonique

Le but de cette évaluation est de tester les bénéfices de cette implantation dans le domaine de la communication [73].

Durant le bilan post-implantation, l'orthophoniste notera différents éléments :

- Comment le patient intègre le monde sonore, ses performances en compréhension orale ;
- La qualité de sa lecture labiale, si celle-ci est limitée ;
- Son expression orale (si son intonation, son intensité de voix évolue), le contrôle vocal ;
- S'il y a une chute des performances, signe d'une aggravation de l'audition résiduelle, ou d'un problème technique ;
- S'il est nécessaire de mettre en place ou d'ajuster une prise en charge orthophonique.

Le bilan post-implantation permet également :

- D'avoir une évaluation de l'avancée des progrès et du bénéfice de la rééducation,
- De confirmer la validité des différents réglages.

Le bilan post-implantation peut être aussi le moment pour aborder des difficultés avec la gestion de l'implant, la manipulation de certains accessoires, de proposer une guidance auprès de l'entourage, de conseiller la reprise d'une rééducation orthophonique si nécessaire.

➤ Epreuves du bilan

Chaque centre d'implantation propose un protocole de suivi et d'évaluation des patients implantés.

A l'hôpital Beaujon, le bilan comprend différents éléments :

i. Un entretien

Un entretien avec le patient introduit le bilan. Il permet de savoir comment le patient utilise et manipule son implant, s'il utilise différents médias (téléphone, télévision), s'il pratique différents loisirs (théâtre, cinéma, concert...), et également comment il évalue lui-même son niveau de communication.

ii. Un questionnaire

Un questionnaire de qualité de vie est donné au patient afin de voir comment sa surdité est appréhendée au quotidien, d'évaluer les facilités et les difficultés qu'il rencontre à la fois dans sa vie familiale, relationnelle et professionnelle. Deux questionnaires peuvent être utilisés : APHAB (Abreviate Profile of Hearing Aid Benefit) mis au point aux Etats-Unis, ou ERSA (Evaluation du Retentissement de la Surdité chez l'Adulte), qui est le fruit d'un mémoire d'orthophonie réalisé en 2010. Il a été créé, développé et validé par l'équipe d'implantation du Pr O. Sterkers afin d'avoir un outil spécifique à l'implant cochléaire.

iii. Des tests

Cinq épreuves sont réalisées dans différentes conditions d'audition :

- Une liste de mots de Lafon (mots monosyllabiques),
- Une liste de mots de Fournier (mots dissyllabiques),
- Une liste de 15 phrases MBAA dans le silence,
- Deux listes de 15 phrases MBAA dans le bruit avec un rapport signal/bruit de 10dB puis de 5dB.

On note le pourcentage de réussite aux différentes épreuves.

Différentes situations auditives sont testées :

- En audition seule (si le patient a une audition résiduelle),

- Avec l'implant cochléaire seul sans lecture labiale,
- Avec l'implant cochléaire et prothèse auditive controlatérale, s'il y a, sans lecture labiale,
- En audition bilatérale avec la lecture labiale.

3. La rééducation orthophonique

En parallèle des différents réglages effectués les premiers mois, une rééducation orthophonique post-implantation est mise en place. Le but principal est d'améliorer la compréhension et la communication avec un implant cochléaire. Elle est déterminée par le bilan orthophonique.

La prise en charge est adaptée à chaque patient. Il est important de prendre en compte les aspects psychologiques, cognitifs et les différents moyens de compensation que le patient a déjà mis en place. Ainsi, le programme de rééducation tient compte :

- Des modes de communication
- Du niveau de langage initial
- De l'utilisation plus ou moins efficace de la lecture labiale,
- Des restes auditifs de l'oreille contro-latérale.

La rééducation est spécifique : elle sera différente s'il s'agit d'un adulte avec une surdité post-linguale ou d'un jeune enfant avec une surdité pré-linguale.

a. La lecture labiale

Si le patient n'utilise pas suffisamment les informations apportées par la lecture labiale, il sera important de la développer ou de l'améliorer durant la prise en charge orthophonique [31]. Celle-ci est importante car même si le patient a un bon bénéfice avec l'implant cochléaire, la lecture labiale permet :

- de comprendre dans certaines situations, notamment dans le bruit où les performances auditives sont souvent moins bonnes,
- de stimuler un grand réseau neuronal,

- de stimuler les suppléances mentales.

La lecture labiale est ce qu'Annie Dumont – orthophoniste – appelle un « traitement visuel de la parole », c'est-à-dire l'utilisation des mouvements des lèvres et du visage pour comprendre son interlocuteur. Elle est utile lorsque les piles ou la batterie de l'implant sont défaillants, ou encore lorsque le patient n'utilise pas son implant.

D'autre part, lorsque la personne utilise son appareil auditif, elle complète les informations sonores qu'elle perçoit par la lecture labiale. C'est ce qu'Annie Dumont appelle « la perception audio-visuelle de la parole ». Cela est d'autant plus vrai dans des situations en milieu bruyant.

L'apprentissage de la lecture labiale nécessite de bonnes fonctions exécutives et permet ainsi de les entraîner. En effet, maîtriser la lecture labiale demande de l'attention, fait intervenir la mémoire, notamment la mémoire de travail lors du décodage de messages longs, et nécessite de bonnes représentations symboliques. Tout cela se développe tout au long de la rééducation.

b. L'entraînement auditif

La priorité de la prise en charge orthophonique après l'implantation cochléaire est de mettre en place un programme d'entraînement auditif spécifique qui vise à développer les traitements des sons verbaux et non verbaux avec l'implant. La rééducation favorise également le développement de systèmes de compensation tels que les suppléances mentales.

Cette rééducation spécifique permet de retrouver ou de préserver un niveau de communication satisfaisant au quotidien et d'améliorer la qualité de vie.

L'orthophoniste, en fonction des progrès du patient, fait varier :

- le type de tâches auditives : les quatre grands axes de la rééducation sont **la détection, la discrimination, l'identification et la compréhension** de sons de la parole. Ils peuvent être travaillés en même temps.
- le type de matériels auditifs : sons de l'environnement, phonèmes, mots, phrases, textes, musique, etc.
- le type de situations : dans le silence en voix enregistrée, avec un débit rapide, dans le bruit, au téléphone, à la radio, etc.

- le type de tâches langagières, cognitives : l'attention, la mémoire de travail, la flexibilité afin d'améliorer les suppléances mentales.

Le but est de complexifier progressivement les exercices et qu'ils soient le plus écologiques possible, afin que le patient puisse communiquer dans toutes les situations de la vie courante.

L'orthophoniste peut également travailler, si besoin, tout ce qui est de l'ordre de la pragmatique, de l'échange, dans le cas où le patient est sourd depuis de nombreuses années et qu'il ne respecte plus les règles de communication.

La prise en charge orthophonique de ces patients adultes sourds comprend aussi tous les conseils que l'on peut donner aux patients, notamment sur la maintenance des appareils, sur les différents accessoires possibles, les adaptations que l'on peut mettre en place selon l'environnement, la guidance de l'entourage, etc.

La rééducation doit être adaptée à chaque patient, en fonction de ses capacités auditives et de ses demandes particulières. Pour certains, la prise en charge peut se concentrer, pendant un temps, sur la voix (contrôle vocale, intelligibilité), pour d'autres sur la communication dans le bruit, au téléphone, ou encore sur l'écoute de la musique.

Aujourd'hui, de nombreux outils permettent aux patients de travailler et d'améliorer leurs performances auditives seuls, chez eux, par des sites internet, des livres enregistrés, les sous-titrages à la télévision, etc. Ils sont cependant uniquement complémentaires aux séances d'orthophonie et ne peuvent en aucun cas les remplacer [100].

PARTIE 2 : LE RENOUVELLEMENT

I. Définition du renouvellement

1. Le cadre législatif

L'article 1 de l'arrêté du 8 septembre 2010 rend le renouvellement des processeurs vocaux des implants cochléaires possible, après une période minimale de cinq ans après la primo-implantation et en cas de dégradations des performances (auditives ou non auditives) dues à la partie externe de l'implant cochléaire (après avoir éliminé une panne de la partie implantée) [108].

Cet arrêté s'inscrit dans le chapitre 4 du titre III de la liste des produits et prestations remboursables prévue à l'article L. 165-1 du code de la sécurité sociale. Il est publié au Journal Officiel du 15 septembre 2010.

L'entrée en vigueur de cet arrêté fait passer la durée de garantie constructeur de trois à cinq ans pour les processeurs pris en charge par l'Assurance Maladie.

Le renouvellement nécessite une compatibilité entre le processeur vocal et la partie implantée.

2. La prise en charge financière

a. La prise en charge financière des implants cochléaires

L'arrêté du 2 mars 2009 fixe les modalités de prise en charge par la CPAM (Caisse Primaire d'Assurance Maladie) quant à la pose d'implant cochléaire, et estime le coût global de celui-ci à environ 45 000€. Ce coût comprend toutes les évaluations préopératoires, l'ensemble du matériel (l'implant lui-même et tous les accessoires), ainsi que la prise en charge post-opératoire (réglages et rééducation).

Cette prise en charge des implants se fait uniquement sur prescription médicale, et pour les personnes remplissant les conditions d'implantation.

Différents forfaits sont proposés aux personnes implantées pour la prise en charge de la maintenance et l'entretien de leur système [98].

b. La prise en charge du renouvellement du processeur

L'arrêté du 8 septembre 2010 [108] permet aux personnes implantées de voir le renouvellement de leur processeur pris en charge par la CPAM. La liste des différents processeurs pris en charge – incluant les processeurs de dernières générations des quatre constructeurs d'implants cochléaires– est fixée par l'arrêté du 2 mars 2009 et publiée le Journal Officiel du 6 mars 2009.

La prise en charge du renouvellement inclut le coût d'un nouveau processeur - qui est de 6000€ - ainsi que la prise en charge médicale avant et après le renouvellement.

3. Les indications de renouvellement

Selon l'article 1 de l'arrêté du 8 septembre 2010, une seule indication officielle est préconisée quant au renouvellement du processeur. Il s'agit de la dégradation des performances, auditives ou non, due à la partie externe.

Le seul fait de posséder un implant de plus de cinq ne suffit donc pas à bénéficier automatiquement du renouvellement dont le coût financier est important.

Seule l'équipe médicale est en mesure de juger de la pertinence du renouvellement. Ainsi elle pourra proposer un renouvellement dans le cas d'une audition moins satisfaisante, de pannes répétées ou totales du processeur, d'un système totalement non fonctionnel, ou trop dégradé et irréparable. Le centre d'implantation prescrit et commande directement le produit.

4. Les conditions de renouvellement

a. Les conditions habituelles

Avant de procéder au renouvellement, des évaluations audiométriques et orthophoniques peuvent être proposées.

L'évaluation orthophonique doit évaluer la communication et les capacités auditives du patient avec le processeur vocal avant le renouvellement de ce dernier.

Cela permet d'avoir une ligne de base pour évaluer l'évolution des capacités, ultérieurement.

Le nouveau matériel est ensuite présenté au patient : le processeur, et éventuellement les accessoires accompagnant le nouveau système (télécommande sans fil, chargeur de batterie, etc.).

Puis de nouveaux réglages sont réalisés par l'audiologiste ou l'orthophoniste, afin d'obtenir le meilleur confort possible pour le patient avec son nouveau système. La stratégie de codage qu'utilisait le patient avec son ancien processeur peut être, ou non, changée.

b. La condition particulière

Avant de procéder au renouvellement, on peut proposer au patient de faire un essai de quelques semaines avec un processeur de prêt. Il pourra alors se faire une idée du changement de perception qu'il pourra avoir s'il décide de renouveler son processeur.

Dans ce cas précis, on recourt à la même procédure lors du renouvellement habituel (évaluations, présentation du matériel et réglages). Après quelques semaines le patient décide lui-même s'il souhaite changer son processeur vocal ou non.

II. Les processeurs vocaux

1. Les stratégies de codage [15] [30] [77] [51] [78] [64] [56]

a. Le fonctionnement des stratégies de codage

Une stratégie de codage intègre deux notions :

- le traitement du signal en entrée (la capture du son)
- le codage du signal en sortie (la stimulation électrique du nerf).

L'analyse du signal par une oreille saine est différente de celle faite par un implant cochléaire : il faut créer un signal, à partir de l'onde sonore naturelle, qui puisse être traité numériquement [4] [51].

Le signal auditif, capté par le microphone, est découpé en bandes de fréquence qui se répartissent sur différents canaux. Seuls les sons compris dans la fourchette 30-70 dB HL sont captés par des filtres passe-bande, les autres sont éliminés : c'est la dynamique électrique. Ces bandes de fréquence sont alors compressées afin d'être transposées aux électrodes concernées [64].

Pour obtenir la même sensibilité qu'une cochlée, il faudrait autant de bandes de fréquences, donc d'électrodes, que de longueurs d'onde discernables par la cochlée. Or en 2012, les implants les plus perfectionnés sont limités à 22 électrodes, tandis que la cochlée possède, elle, 40 000 fibres nerveuses. Il y a donc une simplification importante du signal.

Ensuite, le signal analogique est converti en signal numérique. Le signal obtenu va ensuite subir une analyse de codage, différente selon la stratégie utilisée.

b. Les différentes stratégies de codage

[79] [60] [70] [58]

Les stratégies de codage sont aujourd'hui basées sur la détection de maxima spectraux. Elles exploitent au maximum la cadence de stimulation qui doit être la plus rapide possible pour s'adapter à la période réfractaire des fibres nerveuses tout en tenant compte de leur fatigabilité.

Les stratégies de codage peuvent privilégier soit les aspects fréquentiels soit les aspects temporels. Il est possible de choisir pour chaque patient la stratégie la plus adaptée aux capacités résiduelles du nerf auditif et des voies auditives centrales. En effet, selon l'étiologie et la durée de la surdité, il peut exister une dégénérescence nerveuse plus ou moins importante.

Il existe différentes stratégies de codage ; et les stimulations du nerf auditif peuvent être soit continues, soit pulsatiles (sous forme d'impulsions).

Toutes ces stratégies ne diffèrent que sur des points techniques précis.

On distingue deux catégories d'analyse du signal acoustique [51] :

➤ *Les stratégies d'extraction de pics (ou N-of-M)*

Il s'agit de sélectionner N électrodes sur un total de M électrodes activées pour la stimulation (où $N < M$). Cette stratégie résulte de la contrainte technologique liée à la vitesse de calcul du processeur (la cadence), qui restreint le débit d'informations vers le nerf auditif.

Son principe est d'extraire les éléments les plus pertinents pour la compréhension de la parole. Le nombre et la variété de ces éléments vont s'enrichir avec l'accélération des performances du processeur.

On peut citer comme stratégies d'extraction de pics les stratégies SPEAK et ACE.

La **stratégie SPEAK** (spectral peak) utilise vingt filtres passe-bandes qui découpent ainsi le signal en vingt bandes de fréquences. Parmi celles-ci, le système sélectionne les cinq à dix pics (les bandes de fréquences qui ont le plus d'énergie) qui détermineront les électrodes à stimuler. Par ailleurs, cette stratégie adapte le nombre de canaux tonotopiques au signal sonore : ainsi, plus le signal est complexe et plus le nombre d'électrodes stimulé est élevé.

L'inconvénient majeur de cette stratégie est que deux électrodes adjacentes peuvent décharger leur impulsion en même temps, ce qui crée des interférences et rend le signal moins net.

La **stratégie ACE** découpe elle aussi le signal acoustique mais en vingt-deux bandes de fréquences et en sélectionne six à vingt pics. Cependant elle diffère de la SPEAK par une stimulation séquentielle (les électrodes sont activées les unes après les autres) et a une cadence plus élevée.

➤ *Les stratégies d'enveloppe*

Leur principe est d'analyser le signal sonore par des filtres passe-bande couvrant généralement les fréquences de 250 à 10 000 Hz. Le processeur sélectionne certaines fréquences ; et de ces fréquences, il va extraire et coder l'évolution temporelle du signal sonore. De ce codage résulte des impulsions électriques, modulées en fonction du temps à partir de l'enveloppe temporelle. Elles sont ensuite envoyées aux électrodes de manière séquentielle. Cette stimulation séquentielle, intégrée dans les nouvelles stratégies de codage, permet d'éviter les

interférences entre les électrodes. En effet, celles-ci sont stimulées les unes après les autres et de manière indépendante, et de cette façon donnent une capacité de discernement des fréquences plus fines.

Ces stratégies éliminent les structures fines en appliquant un filtre passe-bas : au-delà d'une certaine fréquence, ce filtre atténue toutes les composantes du signal. Le signal sonore est alors décomposé entre une enveloppe temporelle (contenant les variations lentes du signal) et les structures fines temporelles (contenant les variations très rapides du signal). Par ce système de filtrage, on ne garde que l'enveloppe, le signal est comme « lissé ».

On peut citer comme stratégies d'enveloppes, les stratégies CIS et CIS +, HDCIS, HiRes et HiRes 120 et FSP.

La **CIS** (Continuous Interleaved Sampling) est une des plus répandues parmi les processeurs vocaux. Deux éléments la différencient de la stratégie SPEAK :

- la stimulation des électrodes qui est séquentielle, ce qui vise à limiter les interférences entre elles,
- le nombre d'enveloppes à sélectionner : il est fixe (entre 8 et 10), et ne peut donc pas s'adapter à la complexité du signal sonore.

La cadence de stimulation est ici plus élevée que dans les stratégies précédentes (1000 impulsions par secondes).

La **FSP** (Fine Structure Processing) est une stratégie de codage par structures fines : elle intègre des informations relatives à la structure fine du signal qui sont les variations rapides temporelles. Elle prend donc en compte à la fois les informations de fréquence et les informations temporelles les plus fines. Son principe est de déclencher au niveau des électrodes apicales, codant les fréquences graves, une séquence de stimuli prédéfinis. Cette séquence d'impulsions a lieu quand le processeur détecte la présence de structures fines – c'est-à-dire d'un signal au-delà du filtre passe-bande – sans pour autant analyser ces évolutions rapides.

Quant aux stratégies CIS+, HDCIS, HiRes et HiRes 120, elles sont toutes des dérivées de la CIS, qui tentent d'affiner la perception de la parole et de la musique par différents procédés que nous ne développerons pas.

2. L'évolution des processeurs

Depuis le début de l'implantation cochléaire, les processeurs n'ont pas cessé d'évoluer. Ils sont aujourd'hui notamment caractérisés par leur miniaturisation.

a. Le boîtier

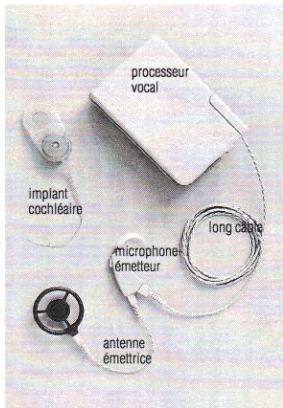


Figure 2 : Boîtier

Le boîtier comprend le processeur vocal, et il est relié par un fil au contour d'oreille. Il faut alors le porter dans sa poche, ou à sa ceinture. Les boîtiers ne sont aujourd'hui plus d'actualité : ils sont remplacés par les contours d'oreille, plus légers.

b. Les contours d'oreille



Figure 3 : Contour d'oreille Cochlear ESPrit 3G

Le processeur vocal est désormais intégré dans le contour d'oreille. On gagne en légèreté et en liberté. Les contours d'oreille sont les successeurs des boîtiers.



Figure 4 : Contour d'oreille Cochlear CP 810

Le contour d'oreille devient de plus en plus petit et ergonomique : plus léger, plus confortable, et résistant à l'humidité.

c. Exemples d'évolution de processeur vocal

Exemple 1 : Cochlear® [104]

FONCTION	SPrint™	ESPr™	ESPr 3G	Freedom	CP810
Technologie moderne de microphone double avec zoom puissant					✓
Technologie d'amélioration du son SmartSound de Cochlear				✓	✓
Utilisation du téléphone : boucle à induction automatique					✓
Assistant sans fil bilatéral					✓
Compatibilité Dynamic FM					✓
Étanchéité				✓**	✓*
Batterie rechargeable en option	✓			✓	✓
Personnalisation possible grâce aux caches et aux motifs colorés			✓	✓	✓

* Standard international IP57 avec la batterie rechargeable ; IP44 avec la batterie zinc-air
 ** Standard international IP44

Tableau 2 : Tableau d'évolution des processeurs Cochlear

Exemple 2 : Neurelec® [102]



Figure 5 : Boîtier Digisonic BW



Figure 6 : Contour d'oreille Digisonic BTE



Figure 7 : Contour d'oreille
Saphyr

Le contour d'oreille Saphyr est la quatrième génération de processeurs de Neurelec. Il intègre une nouvelle stratégie de codage et une boucle à induction magnétique interne pour utiliser le téléphone.

Exemple 3 : Advanced Bionics® [101]



Figure 8 : Boîtier Platinum Series

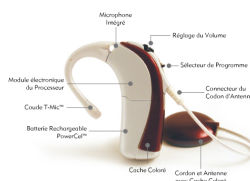


Figure 9 : Contour d'oreille Auria



Figure 10 : Contour d'oreille Harmony



Figure 11 : Contour d'oreille Neptune

Les dernières générations de processeurs incorporent les technologies en matière de traitement de la parole les plus avancées. Le contour d'oreille Neptune innove grâce à son étanchéité.

Exemple 4 : Med-EL® [103]



Figure 12 : Contour d'oreille Maestro

Le système Maestro est le dernier système d'implant de Med-El®

3. L'entretien des processeurs [104]

L'entretien du processeur est une conduite à adopter dès l'activation du système. Les recommandations d'usage et certains gestes quotidiens sont essentiels à respecter. Faute de quoi, le processeur peut se détériorer et ainsi entraîner la dégradation de la qualité de l'audition. Prendre soin du système et l'entretenir régulièrement maintiennent son optimisation.

La marque Cochlear® a édité des recommandations de bon usage de l'implant. Ainsi, elle préconise de régulièrement nettoyer le processeur et de changer les protections microphones pour éviter l'accumulation d'impuretés, et de l'enlever ou de le protéger lors de certaines activités (sportives ou à sensations fortes) par exemple.

Les patients récemment implantés sont informés à la fois par l'équipe médicale et les associations d'implantés cochléaire sur l'usage au quotidien du processeur. Des ateliers leur sont proposés par les associations et par les constructeurs par l'intermédiaire de l'Institut Francilien d'Implantation Cochléaire (IFIC)

C'est pourquoi le renouvellement des accessoires tels que le couvercle d'antenne ou le microphone, est pris en charge par la CPAM.

III. Revue de littérature : apports du renouvellement

L'implantation cochléaire étant une chirurgie relativement récente, le renouvellement du processeur vocal est une procédure actuelle, qui découle notamment de l'évolution des processeurs vocaux et génère des questionnements dans de nombreuses équipes.

Plusieurs études comparatives concernant l'utilisation des processeurs de différentes générations ont déjà été publiées. Nous présenterons les principales études qui ont évalué le renouvellement du processeur vocal. Nous pouvons d'ores et déjà noter qu'elles sont encore peu nombreuses et que les résultats sont assez hétérogènes.

1. Le renouvellement du processeur vocal sans changement de stratégie

Davidson, Geers et Brenner (octobre 2010) [26] ont évalué 109 adolescents avant et après le renouvellement de deux processeurs vocaux anciens Spectra/ESPril par deux processeurs de nouvelle génération Freedom/ESPril 3G. Ils ont noté une amélioration de la perception des sons faibles (entre 27 et 30dB) après le renouvellement. En revanche, ils ne notent aucune différence au niveau de la compréhension de la parole à 70dB, dans le silence et dans le bruit.

A contrario, l'étude de Müller-Deile, Kortmann et coll. (2009) [71] montre une amélioration pour la compréhension de la parole dans le bruit au bout de deux semaines seulement, après le renouvellement de leur processeur vocal par le Freedom 24 chez 48 adultes sourds post-linguaux. En revanche, les réponses au questionnaire APHAB, notant les bénéfices subjectifs de l'implant cochléaire, ne montrent aucune préférence pour l'un ou pour l'autre des deux processeurs vocaux.

Une étude a été menée à l'hôpital E. Herriot de Lyon en 2007 [106], où 53 renouvellements de processeurs vocaux ont été effectués dans le service d'ORL. Les patients ont changé leur processeur « boîtier » pour un processeur « contour d'oreille ». Les seuils audiométriques, ainsi que les performances pour la perception de la parole dans le bruit ont été améliorés pour 56% des patients, après le renouvellement. Durant cette même étude, neuf renouvellements de processeurs

vocaux en contours d'oreille par d'autres plus récents ont également été effectués (ESPrIt 22 à ESPrIt 3G). Six patients sur neuf déclarent observer une nette amélioration de leurs performances auditives.

On peut donc constater que le renouvellement entraîne des changements au niveau de l'audition, variables selon les études. Il semble donc être bénéfique, même si les modifications de sont pas les mêmes pour tous.

2. Le renouvellement du processeur vocal avec changement de stratégie

D'autres études ont comparé le changement de stratégies de codage, effectué lors d'un renouvellement de processeur vocal.

Välilmaa et Löppönen (2008) [89] ont évalué les différences inter-individuelles entre les boîtiers CIS-PRO+ et les contours d'oreille TEMPO+, utilisant la stratégie de codage CIS +. Ils ont constaté qu'il n'y avait pas de différence significative entre les deux processeurs vocaux pour la perception des phonèmes, des mots et des phrases. Ils ont également observé que subjectivement, les patients estiment qu'il est plus facile de discuter dans le bruit et de percevoir la parole avec le TEMPO+. Deux personnes indiquent le contraire. Les auteurs pensent donc qu'un renouvellement doit être envisagé de façon individuelle et que seul le patient peut juger de l'efficacité du nouveau processeur et/ou la nouvelle stratégie de codage.

Riss, Arnoldner et coll. (2009) [77] ont comparé les performances de huit adultes sourds post-linguaux avant et un an après le renouvellement de leur processeur (de Pulsar à Tempo +) avec un changement de la stratégie de codage (de CIS à FSP). Ils ont constaté que les performances des patients se sont améliorées pour la compréhension de la parole dans le bruit, avec un rapport signal bruit de 10dB. Cependant, aucune amélioration sur la compréhension de mots monosyllabiques et de phrases dans le silence n'est notée.

Dans la même lignée, Seebens et Diller (2011) [82] ont comparé les performances de perception de la parole avec les processeurs TEMPO + et l'OPUS 2, processeur plus récent, tout deux de la marque Med-El®. Le TEMPO + utilise la stratégie de codage CIS et l'OPUS 2 utilise FSP. Quarante-cinq adultes sourds ont donc bénéficié d'un renouvellement de leur processeur vocal. Ils ont été testés quatre semaines après et le changement de processeur et de stratégie. En les évaluant par

des tests de perception (mots monosyllabiques et phrases dans le silence et dans le bruit), les auteurs ont observé de meilleures performances avec l'OPUS 2 à tous les tests réalisés.

Si nous ne nous intéressons qu'au changement de stratégie, A. Lorens et coll. [56] montrent que chez les enfants, il y a une amélioration des performances en général avec la stratégie FSP autant aux tests objectifs qu'aux tests subjectifs.

En revanche, une étude comparative montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les deux stratégies de codage, autant sur l'intelligibilité de la parole que sur la perception de la musique [59]. La préférence pour une des deux stratégies pour la compréhension de la parole est équitable (11 patients préfèrent FSP, 12 préfèrent HDCIS). En ce qui concerne la perception de la musique, les patients ont une préférence pour la stratégie HDCIS (15 contre 4). Cette étude a été réalisée en double aveugle. L'auteur insiste sur l'importance de faire choisir aux patients la stratégie qu'ils préfèrent.

Les résultats de ces différentes études révèlent le caractère à la fois objectif et subjectif de la procédure de renouvellement avec changement de stratégie de codage. Le patient jugera lui-même, après un temps d'adaptation, si cette nouvelle stratégie lui apporte ou non des bénéfices.

PARTIE 3 : L'IMPLANT COCHLEAIRE DANS TROIS SITUATIONS AUDITIVES

I. La perception acoustique avec un implant cochléaire

1. Généralités

Entendre avec un implant cochléaire est une perception particulière, qui diffère d'une audition normale. Ce n'est ni aussi fin ni aussi précis qu'avec une oreille saine : d'une part la sélectivité fréquentielle est réduite empêchant la perception des petits détails du son, car l'implant cochléaire est limité quant à l'analyse des structures temporelles fines ; et d'autre part les sons sont numérisés et compressés, réduisant d'autant plus la précision de la perception.

La perception des trois paramètres acoustiques que sont la durée, la fréquence et l'intensité est restreinte chez des personnes implantées. En effet, les stratégies de codage n'étant pas aussi complexes que l'oreille humaine, leur traitement est limité au niveau temporel, fréquentiel et de l'intensité du signal de parole [63].

Avec les stratégies de codage actuelles, la perception de la hauteur de la voix dépend davantage des informations temporelles que des informations fréquentielles. Pourtant, l'implant cochléaire est limité au niveau de la résolution temporelle. Cette caractéristique décrit la capacité de l'implant à traiter les variations du signal audio sur de courtes durées. La résolution dépend de la fréquence de stimulation, qui représente le nombre d'impulsions par seconde sur chacune des électrodes. Plus la fréquence de stimulation est petite et plus la qualité du son perçu est mauvaise [109].

Par ailleurs, des études comme celle de Cullington et coll. [23] ou celle de Visram et coll. [92] ont montré que la perception acoustique avec une prothèse conventionnelle est meilleure qu'avec un implant cochléaire. Les caractéristiques acoustiques des sons complexes sont plus dégradées par une stimulation électrique (implant cochléaire) qu'avec une stimulation acoustique (prothèse) [18]. La binauralité, apportée par cette prothèse sur une oreille controlatérale non-implantée, permet

d'améliorer la reconnaissance de parole et de mélodie ainsi que la discrimination de voix dans le silence et le bruit [28]. Mais ces bénéfices sont retrouvés également avec l'implantation bilatérale. C'est pourquoi, celle-ci est privilégiée quand cela est possible. Elle se fait en fonction de la demande de chacun et du bénéfice qui en découle, car de nombreuses variables entrent en jeu telles que l'âge du patient, ses performances ou son expérience antérieure avec une prothèse [94].

2. Les particularités de la perception acoustique de la parole chez les sujets implantés cochléaire.

a. La fréquence fondamentale

On peut décomposer n'importe quel son complexe en une somme de signaux, qu'on appelle les harmoniques. Les harmoniques sont des fréquences multiples, entières ou non. On appelle fréquence fondamentale (F0) l'harmonique de premier rang d'un son. C'est ce qui détermine la hauteur d'un son ou d'une voix [105].

L'implant n'analyse pas l'ensemble des fréquences du spectre sonore, il élimine notamment les fréquences les plus basses, par l'utilisation de filtres passe-bande. Un autre effet de l'utilisation de ces filtres est que les fluctuations de F0 ne sont pas intégrées dans le traitement de la parole : seule son enveloppe principale est intégrée, détériorant le signal de hauteur de la voix [42]. Ainsi, les implants cochléaires transmettent peu d'informations sur la fréquence fondamentale [43].

Dans leur publication de 2008, Chatterjee et Peng [14] font passer deux tests à des personnes implantées. Le premier est une tâche de reconnaissance d'intonations de phrases par stimuli re-synthétisés : avec des F0 différentes pour voix d'homme et voix de femme, et avec différents contours de F0 (descendants, ascendants et plats). Le second est une tâche de discrimination de modulations de fréquence. Leurs résultats montrent une très grande variabilité interindividuelle, mais les deux tâches sont corrélées. Ainsi, non seulement la sensibilité de discrimination se dégrade quand les fréquences modulées gagnent en hauteur, mais les personnes implantées sont moins performantes dans la reconnaissance d'intonation quand la F0 est basse.

b. Les basses fréquences

Les basses fréquences, par l'utilisation des filtres passe-bande, ne sont codées que partiellement par les implants cochléaires. Ce sont pourtant celles-ci qui fournissent les principales informations fréquentielles du signal de parole [42].

Il a été rapporté que les personnes implantées cochléaires peuvent se retrouver en difficulté pour reconnaître l'intonation [14], la clarté et le voisement de la parole ou encore pour comprendre la parole dans le bruit [17]. En effet, Cullington et coll. (2010) [23] et Chang et coll. (2006) [13] pensent que ce sont ces basses fréquences qui permettent de séparer deux interlocuteurs en compétition, en isolant le signal de parole cible parmi d'autres.

Le codage modéré de ces basses fréquences est donc une des raisons invoquées pour expliquer pourquoi la reconnaissance de la parole est parfois si difficile pour les sujets implantés [42].

c. La modulation temporelle

La dynamique de la modulation temporelle est importante pour la perception du voisement, de l'articulation des consonnes [90], pour la reconnaissance du ton lexical [16] et pour l'isolement de la source sonore [8]. C'est pourquoi la reconnaissance de la parole est corrélée au traitement temporel.

Cependant, cette modulation temporelle n'est traitée que partiellement par les implants cochléaires. Par exemple, l'implant ne permet pas de fournir des informations fines telles que le lieu d'articulation pour pouvoir faire la différence entre des mots qui partagent des caractéristiques temporelles comme « duck » et « buck » [38]

Les stratégies de codage ne pouvant recoder aussi fidèlement que possible ces modulations, elles doivent jouer sur la fréquence de stimulation afin de retransmettre ces modulations temporelles.

Dans la recherche, le seuil de détection de la modulation est la principale mesure utilisée pour tester la perception acoustique. C'est une mesure qui évalue l'habileté à détecter les modulations temporelles car elle est corrélée au traitement temporel de la parole [75]. Fu et coll. (2002) [34] et Pfingst et coll. (2008) [75] montrent que la capacité de détection de modulation est liée en partie à la

localisation des électrodes. En testant les électrodes à trois endroits différents au niveau de la rampe tympanique (basal, médian et apical), ils ont montré que les seuils de détection sont meilleurs au niveau apical. Néanmoins ces résultats sont à nuancer car d'autres facteurs peuvent avoir les mêmes effets tels que l'activité résiduelle du nerf ou bien le nombre de cellules ciliées dans l'apex.

3. Les conséquences à différents niveaux de perception

[76] [37] [43] [96] [2]

a. Au niveau de la prosodie

La prosodie a un rôle particulier dans la parole : c'est elle qui en révèle les aspects rythmiques et mélodiques, et pour cela elle nécessite, entre autres, des modulations de la fréquence fondamentale (c'est l'intonation). La prosodie s'exprime également par la variation de la durée des syllabes et par des variations volontaires d'intensité [77]. La prosodie est donc à mettre en relation avec les trois paramètres acoustiques (durée, intensité, fréquence)

Les mécanismes entrant en jeu dans la perception de la prosodie ne sont pas encore déterminés avec précision, la seule certitude est que la perception de la prosodie est corrélée à la perception de la hauteur. Des aspects cognitifs et psychologiques semblent néanmoins y être aussi impliqués [63].

Par ailleurs, les implants cochléaires sont limités quant à la transmission d'informations acoustiques ; et les structures temporelles fines sont mal perçues (les harmoniques et la hauteur). C'est pourquoi, les personnes implantées cochléaires ont du mal à percevoir certains éléments de la prosodie [72].

b. Au niveau de la voix

La voix véhicule différentes informations.

D'abord sur le genre de l'interlocuteur. Une voix de femme a en général une fréquence fondamentale augmentée d'une octave par rapport à celle d'un homme. Les personnes implantées sont généralement capables de reconnaître le genre d'une voix, cependant elles se retrouvent plus en difficulté que les personnes normo-entendantes lorsque la voix a une fréquence fondamentale intermédiaire [63].

Ensuite sur l'identité de la personne qui parle, en lui permettant de la reconnaître. La plupart des implants cochléaires ont un taux de stimulation insuffisant pour couvrir la totalité de la hauteur de la voix. Ils ne peuvent donc pas transmettre toutes les informations contenues dans la voix [42]. C'est pourquoi les personnes implantées peuvent donc avoir des difficultés à reconnaître une personne uniquement par sa voix.

Enfin sur les émotions véhiculées par cette voix. Hopyan-Misakyan et coll. 2009 [45] ont montré que des enfants (âgés de 7 à 13 ans) qui sont implantés unilatéralement ont une mauvaise qualité de perception des émotions qui passent par la prosodie de la voix.

c. Au niveau des émotions

Dans la vie courante, enfants et adultes s'aident généralement des informations visuelles du corps et du visage de l'interlocuteur pour identifier l'émotion.

Les enfants implantés sont plus particulièrement en difficulté que les adultes implantés lorsqu'il s'agit de reconnaître les émotions dans la voix. Cependant, ils ont de meilleures performances que leurs pairs portant une prothèse auditive. Deux hypothèses expliquent ce constat : d'une part De Sonnevile et coll. 2002 [27] supposent que les implants cochléaires permettent d'améliorer les habiletés linguistiques et cognitives relatives à la perception des émotions ; et d'autre part, Gray et coll. 2007 [42] suggèrent que ces enfants ont évolué plus tôt dans un bain de langage favorisant la perception et la compréhension des émotions vocales.

Concernant les adolescents, Most et Aviner (2009) [68] ont démontré que les adolescents implantés aussi bien précocément que tardivement sont moins bons pour la reconnaissance des émotions vocales que leurs pairs normo-entendants.

Enfin, les adultes sont certes moins performants que leurs homologues normo-entendants, mais leur score dépasse les réponses au hasard. Ils sont donc capables de reconnaître des émotions véhiculées par la voix. De plus leur performance s'améliore lorsque le nombre de canaux stimulé augmente ou lorsque la bande-passante a une fréquence de coupure plus haute.

Néanmoins, les adultes implantés confondent certaines émotions entre elles. Xin Luo et coll. (2007) [96] montrent que la joie est confondue avec la colère, et la tristesse avec la neutralité. Ceci s'explique par le fait que joie et colère ont des amplitudes hautes tandis que tristesse et neutralité ont des amplitudes basses. En outre, la joie et la colère sont mieux reconnues que la neutralité. Les modulations d'amplitude jouent un rôle important pour les personnes implantées dans la reconnaissance des émotions.

d. Au niveau de l'intonation

L'intonation est reliée en premier lieu au contour de F0, puis en second lieu à l'intensité du signal, mais peu à sa durée. Les personnes implantées cochléaires, du fait de leur mauvaise perception de la F0, doivent reporter leur intérêt sur les informations d'intensité et de durée afin de percevoir l'intonation [74].

Chatterjee et Peng en 2008 [14] ont ainsi montré que les personnes implantées cochléaires se retrouvent plus en difficulté pour différencier les intonations de phrases, notamment entre questions et affirmation(s), que les sujets normo-entendants. Ils le sont d'autant plus lorsque la F0 est basse.

Concernant les enfants, ceux sourds sévères et profonds portant un ou deux implant(s) cochléaire(s) obtiennent de moins bonnes performances pour distinguer les questions des affirmations que ceux qui portent une prothèse auditive. Most et Peled en 2007 [69] expliquent ce score par la difficulté des implants cochléaires à fournir des informations sur les basses fréquences.

II. L'implant cochléaire et le bruit

1. Notions d'acoustique concernant l'intelligibilité de la parole dans le bruit

[48] [83] [32] [26]

La parole, comme objet purement acoustique, possède des caractéristiques énergétiques, temporelles et spectrales. L'oreille va donc analyser sa structure spectrale (les fréquences) et sa structure temporelle (les variations d'intensité en fonction du temps).

On peut décomposer dans chaque bande fréquentielle de la parole deux éléments temporels majeurs :

- la structure fine, qui est une variation rapide d'intensité comprise entre 150 et 8000Hz. C'est elle qui donne les informations mélodiques.
- l'enveloppe temporelle, qui est une variation plus lente du signal, de l'ordre de quelques hertz et qui donne les informations rythmiques.

Une personne normo-entendante utilise pour traiter un signal ces deux types d'informations temporelles.

Pour comprendre une parole énoncée dans le bruit, les personnes normo-entendantes ont une capacité particulière : le démasquage. Celui-ci leur permet d'extraire les fréquences de parole parmi les fréquences de bruit et donc de pouvoir analyser ces fréquences. Le démasquage est possible grâce à une stratégie d'écoute dans les vallées spectro-temporelles du bruit de fond: en effet, le bruit de fond étant une alternance de pics d'énergie (le maximum d'intensité du bruit) et de vallées (endroits où le bruit est faible et peu masquant), les personnes normo-entendantes arrivent à récupérer des informations dans ces vallées, ce qui permet l'intelligibilité de la parole. Cette faculté est par ailleurs corrélée au fait que l'intelligibilité de la parole est meilleure lorsque le bruit de fond est fluctuant plutôt que stationnaire.

Ce sont les informations de structures fines qui sont nécessaires pour entendre dans les vallées du bruit, car elles fournissent les informations mélodiques révélant la présence de parole. L'enveloppe temporelle suffit pour comprendre dans le silence, mais pour comprendre dans le bruit, les informations de structures fines sont indispensables.

2. La compréhension de la parole dans le bruit chez les sujets implantés cochléaire

La compréhension de la parole dans le bruit est très difficile pour les porteurs d'implants cochléaires, car ceux-ci sont adaptés pour toutes les situations, bruyantes ou non, sans distinction entre elles. Ainsi, le processeur de l'implant cochléaire

fonctionnera de la même manière dans la rue, dans un restaurant, sur un marché ou dans un cinéma [57].

Les personnes sourdes, même implantées, rapportent qu'elles ont des difficultés à comprendre la parole quand il y a du bruit, ou quand il y a plusieurs personnes qui parlent. Elles se retrouvent, dans ces cas précis, en situation de double handicap : il leur est difficile voire impossible de non seulement comprendre mais aussi de percevoir d'où et de qui vient la parole [93].

Les stratégies de codage CIS et ACE – les plus répandues – utilisent un critère de sélection des fréquences basé sur les plus fortes amplitudes. Dans une situation de bruit, cela pose plusieurs problèmes [93] :

- Le sujet implanté ne peut pas toujours extraire le signal cible de l'ensemble du signal.
- La sélection est faite tout le temps, pour chaque bande de fréquence de parole, incluant de fait les segments de faible énergie où le bruit est très présent et masque le signal cible.

Il est donc important de prendre en compte ces problèmes liés au bruit et d'y trouver des solutions.

3. La réhabilitation de l'intelligibilité de la parole dans le bruit.

a. La binauralité

Une des solutions pour surmonter les effets néfastes du bruit sur la compréhension de la parole dans le bruit est de fournir aux porteurs d'implant cochléaire soit un deuxième implant cochléaire (condition bilatérale), soit une prothèse controlatérale (condition bimodale) sur l'autre oreille. Cet apport permet la binauralité : l'intégration de deux signaux arrivant dans chaque oreille de manière indépendante.

L'amélioration de la perception de la parole dans le bruit dans des conditions binaurales découle de trois effets dus à la plasticité cérébrale [93].

Le premier est l'effet de démasquage qui permet de supprimer les effets des bruits compétiteurs au signal sonore cible quand ces bruits sont spatialement séparés de ce signal.

Le deuxième est l'effet de sommation qui permet d'accroître la sensation d'intensité du signal sonore émis.

Et le troisième est l'effet de masque de la tête qui est, lui, réduit (le relief de la tête atténue les hautes fréquences)

L'implantation bilatérale peut fournir ainsi trois types de bénéfices :

- La localisation de la source sonore, qui donne confort et sécurité (savoir d'où vient une voiture, qui parle lors d'une réunion, etc.)
- Une augmentation de l'intensité sonore : le son est ressenti plus fort de 3 à 6 dB
- Une meilleure intelligibilité dans le bruit.

Ce troisième bénéfice fait aujourd'hui l'objet de discussion pour calculer son bénéfice réel par rapport au coût d'une double implantation.

De nombreuses études ont alors été menées pour mettre en évidence le gain apporté par une implantation bilatérale sur une implantation unilatérale avec ou sans prothèse controlatérale pour l'intelligibilité et la localisation dans le bruit des sons.

Das et Buchman (2005) [24] mettent en évidence que la perception de la parole dans le bruit avec deux implants est significativement meilleure qu'avec un implant cochléaire seul.

Kerber et coll. (2012) [50] montrent qu'en matière de localisation de la source sonore, l'implant cochléaire est inefficace précisément dans un environnement bruyant. Cependant, en condition bilatérale, la localisation est meilleure qu'en unilatérale.

Schafer et coll. (2011) [80] vont eux plus loin dans cette démonstration. Ils quantifient les bénéfices pour chaque effet de binauralité, apportés par une adaptation binaurale ou bilatérale de l'écoute. Ainsi, avec la binauralité, les effets de sommation et de masque de la tête sont observés ; tandis que l'effet de démasquage n'est présent qu'en condition bilatérale.

b. L'entraînement au bruit

Il est possible de recourir à un entraînement spécifique dans le bruit avec un implant cochléaire dans le cadre d'une prise en charge orthophonique.

Burk et Humes en 2008 [9] étudient l'entraînement de reconnaissance de mots dans le bruit pour des sourds avec une prothèse. A partir de listes ouvertes et fermées, cet entraînement leur a permis d'améliorer la reconnaissance de ces mots entraînés. On observe de plus une généralisation à des voix non familières. En revanche, sur des stimuli inconnus, il n'y a pas d'amélioration.

Ingvalson et coll. en 2012 [48] montre qu'il y a un intérêt à un entraînement au bruit, puisque les cinq sujets implantés participants à l'étude ont amélioré leur performance pour la perception de la parole dans le bruit.

Par ailleurs, Shafiro et coll. (2012) [83] ont mesuré l'effet d'un entraînement à partir d'un stimulus dégradé sur l'identification du son environnant. Les bénéfices peuvent même s'étendre à la perception de la parole non entraînée. Les auteurs ont étudié les effets d'un entraînement sur la reconnaissance des sons de l'environnement à partir de sons dégradés en fréquence. Grâce à l'entraînement et à une exposition régulière aux sons, les participants à l'étude ont amélioré leurs performances pour la reconnaissance des sons de l'environnement, et cela se généralise à la parole. Cette étude ouvre une voie à un entraînement aux sons de l'environnement pour des sujets implantés.

Faulkner, Green et Rosen en 2012 [32] ont entraîné les participants à de la parole avec bruits « vocodés » et signal perturbé à partir d'un même texte. Ils ont formé deux groupes : un avec de la parole enregistrée, et l'autre avec de la parole en direct. Les deux groupes, mais notamment celui avec la parole enregistrée, ont montré des améliorations constantes dans leur perception et la reconnaissance des phrases du texte. Cette étude montre donc les bénéfices d'un entraînement spécifique.

4. L'apport du renouvellement

Certaines études ont étudié les performances des sujets implantés, après renouvellement de leur processeur et modification de leur stratégie de codage.

Riss et coll. en 2009 [77] ont montré que le changement du processeur, en passant de la stratégie CIS à la stratégie FSP, permet d'améliorer d'une part la perception des sons forts et des phrases dans le bruit, et d'autre part la détection des bruits.

Chez les adolescents Davidson et coll. en 2010 [27] ont testé une centaine d'adolescents renouvelant leur processeur : ils avaient tous le Nucleus 22 et ont changé pour Spectra, Sprint, ESprit 3G ou Freedom. L'étude montre que le renouvellement, quelque soit le processeur, permet d'améliorer leur compréhension de la parole faible, tout en préservant leur habileté de reconnaissance de parole dans le bruit.

Chez les enfants, Lorens et coll. en 2010 [56] ont étudié leur performance en passant de la stratégie CIS+ à la stratégie HDCIS ou FSP. Les résultats montrent que les performances sont meilleures avec les nouvelles stratégies pour la parole dans le bruit.

Chez les enfants, Müller-Deile et coll. en 2009 [71] montre que le changement de stratégie lors du renouvellement permet d'obtenir de meilleurs résultats pour la perception dans le bruit.

III. L'implant cochléaire et le téléphone

1. Les difficultés rencontrées par les personnes sourdes

Aujourd'hui, le téléphone est un moyen de communication incontournable, dont tout le monde fait usage. Son utilisation est inévitable dans toute activité aussi bien professionnelle que sociale. Or, dans le cadre de la surdité, le téléphone est un outil qui engendre des difficultés. Différentes composantes rendent la conversation au téléphone difficile pour les personnes avec une déficience auditive.

Tout d'abord, ce type de communication est transmis uniquement par le canal auditif, il ne peut donc pas s'appuyer sur la prise d'informations audio-visuelles. Or, ces dernières sont fortement utilisées pour comprendre l'intégralité du message (lecture labiale, mimiques, gestes...). La réduction d'informations se retrouve également dans le fait que la perception au téléphone n'est pas binaurale.

Le signal téléphonique est dégradé car le champ fréquentiel est restreint : celui-ci se situe entre 300 et 3400 Hz. Cela réduit le passage des informations à haute fréquence, importantes pour l'intelligibilité de la parole.

De plus, la sensibilité auditive chez les personnes sourdes étant abaissée, cela entraîne une réduction de l'audibilité de la parole au téléphone.

Aujourd'hui, de nombreuses personnes utilisent leur téléphone portable dans la rue ou dans les transports en commun. De ce fait, le bruit qui entoure ces conversations rend difficile l'emploi et la compréhension par ce moyen de communication pour les personnes sourdes.

Enfin, beaucoup de facteurs interindividuels jouent un rôle dans la difficulté de communiquer par téléphone, notamment celui de l'intensité de la perte auditive : plus la perte auditive est importante, plus le patient est en difficulté. De plus, la perte de l'habitude donne à la situation un caractère anxiogène [3].

Toutes ces pertes d'informations et ces dégradations du signal mettent en difficulté l'adulte implanté qui souhaite téléphoner de nouveau.

2. Le téléphone avec l'implant cochléaire

Différentes études ont évalué les performances de la compréhension de la parole au téléphone par les patients implantés cochléaires. Pour cela, certains ont utilisé des évaluations subjectives par des questionnaires. D'autres se sont servis de tests objectifs tels que la répétition de mots ou de phrases.

Kepler et coll. (1992) [49] ont constaté que 51% des 93 sujets testés évitent de temps en temps d'utiliser le téléphone à cause de leur perte auditive. Il s'agit là d'une conduite d'évitement pour ne pas se retrouver dans une situation où ils devront demander à leur interlocuteur de répéter et où ils ne comprendront pas toutes les informations.

Par des évaluations subjectives, Jonathan W. Cray (2004) [22] a constaté que 70% des patients implantés cochléaires initient et/ou répondent à des appels téléphoniques mais seulement 28,5% comprennent une personne non familière et/ou un sujet non familial. Ilona Anderson et coll. (2006) [3] a également observé que 71% des implantés cochléaires évalués utilisent le téléphone. Parmi eux, 65%

comprennent la quasi-totalité d'une conversation avec un interlocuteur familier sur un sujet courant. Seulement 38% des individus comprennent une conversation si l'interlocuteur ainsi que le sujet de la discussion leur sont inconnus.

La difficulté réside donc dans la spontanéité et l'imprévu de la communication au téléphone. D'ailleurs, la plus grande peur des patients implantés est de ne pas comprendre au téléphone dans une situation d'urgence, où les conditions sont stressantes et bruyantes.

Jonathan W. Cray [22] a noté quatre caractéristiques particulières qui différencient les utilisateurs et les non-utilisateurs du téléphone. Les non-utilisateurs :

- sont souvent des personnes âgées,
- utilisent une communication bimodale : orale et gestuelle,
- comprennent peu de mots sans lecture labiale,
- n'utilisent leur implant cochléaire que quelques heures dans la journée.

Si ces éléments sont réunis, les possibilités pour que l'individu puisse utiliser le téléphone avec son implant sont plus faibles.

Plus récemment, par une évaluation objective de répétition de phrases, B. Yau Boon Tan (2011) [86] a constaté que sur 50 patients implantés qui utilisent le téléphonent régulièrement, leurs scores moyens de compréhension au téléphone est de 92%. Ceux qui ont un score plus bas sont les plus âgées. Cela prouve que malgré la dégradation du signal et la perte d'informations engendrées par le téléphone, les personnes implantées peuvent malgré tout comprendre la majorité des informations orales, quand ils peuvent utiliser cet outil de communication.

Dans le cadre d'un renouvellement de processeur vocal, Castro, Lassaleta et coll. (2012) [12] ont constaté que lors d'un changement de stratégie de codage (de HDCIS à FSP), les performances de la perception de la parole au téléphone sont meilleures (de 45% de mots dissyllabiques répétés avec la stratégie HDCIS à 55% avec la stratégie FSP).

L'implant permet donc souvent aux patients sourds de pouvoir téléphoner de nouveau. C'est d'ailleurs une des demandes les plus importantes pour les patients qui souhaitent être implantés. Malgré tout, ce moyen de communication reste difficile et demande un entraînement spécifique.

3. L'importance d'une prise en charge

La communication par téléphone est considérée comme un des plus hauts niveaux de compétences que l'on peut atteindre avec un implant. L'orthophoniste ne va donc pas travailler tout de suite la compréhension de la parole au téléphone. Celle-ci peut être débutée lorsque le patient obtient un score de 50% de reconnaissance de la parole en champ libre [11].

Certains facteurs sont prédictifs d'une bonne réussite de la communication par cet outil de communication :

- La sévérité de la surdité avant l'implantation,
- Les restes auditifs,
- La mémoire auditive,
- La motivation du patient.

Dans une étude américaine, Herzog et coll. (2008) [44] montre que 100% des patients, ayant bénéficié de trois séances d'entraînement spécifique au téléphone après l'implantation, utilisent le téléphone.

Une étude française réalisée par Frédérique Vignault et Marie-Laurence Laborde [110] constate de meilleurs résultats au niveau de la compréhension de la parole au téléphone pour les patients utilisant la stratégie SPEAK, parmi les 26 adultes étudiés. Mais l'étude met surtout en évidence que ces patients-là sont ceux qui sollicitent le plus l'orthophoniste pour une rééducation et un entraînement spécifique au téléphone, contrairement aux patients utilisant la stratégie ACE.

Il est donc important de proposer, aux patients qui le souhaitent, cet aspect de la prise en charge orthophonique.

➤ *Les aides techniques*

L'orthophoniste peut proposer différentes aides techniques qui permettent de favoriser la communication par téléphone.

Il peut par exemple conseiller l'utilisation d'une boucle à induction magnétique (BIM), soit en tour de cou – si le patient utilise un téléphone portable – soit intégrée dans le téléphone filaire.

Des téléphones avec amplificateurs d'écoute peuvent être proposés, ainsi que des systèmes qui préviennent la présence d'un appel (flash, coussinet vibrant, montres vibrantes). Avec les avancées technologiques, on peut également aujourd'hui communiquer par vidéo, ce qui permet de conserver l'utilisation de la lecture labiale.

➤ *L'entraînement auditif*

Un entraînement particulier peut être intégré dans une rééducation orthophonique, afin d'améliorer la compréhension au téléphone.

Tout d'abord, il est intéressant de travailler la reconnaissance de phrases dans le bruit. Cela permet de préparer le travail au téléphone. Puis l'orthophoniste proposera des situations téléphoniques afin que petit à petit le patient prenne confiance et se sente à l'aise avec cet outil. En effet, son utilisation peut être accompagnée d'angoisses et il est primordial d'aborder ces exercices dans un climat serein, pour éviter tout blocage. L'orthophoniste donne aux patients ce que Calliès et De Bergh (2009) [11] appellent « des stratégies de réparation conversationnelle ». Il s'agit par exemple de faire répéter, de reformuler, de faire épeler une information mal perçue. Il est important de conseiller aux patients de téléphoner dans un environnement calme, où ils ne se sentent pas mal à l'aise.

Le patient ne doit pas « subir » la conversation téléphonique, et pour cela, on peut l'aider à utiliser « les techniques d'encadrement de l'interlocuteur » [11]. Il s'agit de donner le maximum d'informations pour avoir le moins de questions à poser par la suite, par exemple.

La progression des exercices peut aller d'un travail perceptif à la compréhension de conversations non convenues et complexes au téléphone. La prise en charge s'adapte à chaque patient, à son utilisation de l'outil, aux situations qu'il rencontre au quotidien et à sa vitesse de progression.

Pour les patients jeunes, cette prise en charge est primordiale pour qu'ils s'incèrent professionnellement le mieux et le plus rapidement possible.

IV. L'implant cochléaire et la musique

1. Les difficultés rencontrées par les personnes sourdes

Plusieurs mois après l'implantation et après une rééducation orthophonique, le patient perçoit les sons de l'environnement et sa compréhension du langage oral est nettement meilleure. Mais la musique reste souvent l'élément le moins bien perçu et est fréquemment qualifié de « bouillie, de brouhaha » [7]. Son écoute peut même être douloureuse.

L'incapacité à écouter la musique est souvent vécue comme un handicap. En effet, la musique véhicule beaucoup de sentiments (apaisement, exaltation, etc.) et elle est souvent liée à des événements de vie (fêtes, anniversaire, mariage, etc.). La musique est partout : dans les magasins, en salle d'attente, au restaurant, etc. C'est un élément culturel ayant une forte dimension affective.

Beaucoup de personnes sourdes n'écoutent plus de musique depuis leur implantation [54]. Migirov et coll. (2009) [65] ont montré que 50% des patients sourds ne trouvaient plus de plaisir à écouter de la musique après l'implantation.

a. La perception dégradée du timbre et de la mélodie

Le timbre est utile pour distinguer deux sons complexes de même hauteur et de même intensité, produits par des instruments et des voix différents. Il est défini par **une enveloppe temporelle**, c'est-à-dire la courbe reliant les maxima du son au cours du temps, mais également par **une forme spectrale**, avec un nombre et une intensité d'harmoniques particuliers pour chaque instrument. Or cette dernière est mal transmise par l'implant cochléaire. Ainsi, la personne sourde implantée aura des difficultés à distinguer deux instruments différents jouant une même note.

La mélodie, quant à elle, est un ensemble de sons successifs de hauteur variable. Cette dernière est mal perçue par les patients sourds implantés cochléaires car ils ont plus de difficulté à évaluer avec précision les écarts de hauteur entre les notes. En effet, le seuil différentiel de fréquence chez les personnes implantées est plus élevé que chez les normo-entendants. De plus, un son pur d'une fréquence donnée, ne devant activer qu'une électrode, en active souvent plusieurs. Tout ceci entraîne une distorsion de la perception de la mélodie [36].

De même, la perception du contour mélodique d'un morceau est encore plus chutée lorsqu'il y a un plusieurs instruments qui jouent en même temps.

Le timbre et la mélodie sont deux constituants essentiels de la musique, mal perçus par les patients implantés cochléaires [62].

Ward R. Drennan et Jay T. Rubinstein (2008) [29] ont constaté que les sourds profonds implantés ont une perception dégradée de la mélodie et du timbre de la musique, alors que le rythme est relativement intact. C'est d'ailleurs sur ce dernier que s'appuient les personnes implantées pour reconnaître une musique familière. Ils ont plus de facilité pour reconnaître une musique très rythmée par rapport à une autre peu rythmique. En effet, cela est dû à un haut degré de synchronisation entre l'impulsion électrique produit par les électrodes et la décharge du nerf auditif qui s'ensuit.

b. La perte des basses fréquences

Plusieurs études ont montré l'importance des basses fréquences dans la perception de la musique. Ces dernières permettent de percevoir par exemple l'expression de la voix, la mélodie et l'intonation entre autres [62].

Ainsi, les patients ayant conservé ces fréquences ont une meilleure reconnaissance de la musique que ceux qui ont conservé les fréquences hautes.

En effet, une étude franco-canadienne réalisée par Marx et coll. (2012) [61] sur la perception de la musique par les patients implantés cochléaires a déterminé que les patients avec une audition résiduelle ont de meilleures performances dans la reconnaissance de la mélodie que les patients sans audition résiduelle.

C'est pourquoi, les personnes sourdes ayant des restes auditifs sur les basses fréquences et utilisant un implant électro-acoustique ont une meilleure perception de la musique que les individus implantés n'ayant qu'une seule stimulation électrique [28].

L'implant électro-acoustique est un appareil qui combine une prothèse auditive amplifiant acoustiquement les basses fréquences, et un implant cochléaire qui stimule électriquement les électrodes correspondant aux hautes fréquences. Ce type d'appareil est destiné aux patients percevant les basses fréquences mais ayant des difficultés à percevoir les hautes fréquences.

L'article de Limb et Rubinstein (2011) [53] portant sur la perception de la hauteur par des personnes sourdes nous permet de conclure que la perception des basses fréquences était particulièrement importante dans deux situations : dans une conversation à plusieurs et pour l'écoute de la musique.

c. La structure fine

Certains indices temporels et fréquentiels permettent d'appréhender la structure fine d'un son, c'est-à-dire un ensemble d'informations qui permet de détecter un changement rapide de tons. La reconnaissance de la parole est possible sans avoir la totalité de la structure fine des informations spectrales et temporelles des sons. En revanche pour la musique, il est nécessaire de percevoir une grande partie de cette structure fine [88]. En effet, elle permet de bien entendre la hauteur des harmoniques d'un son complexe ainsi que de bien séparer les tons d'un accord. Or, la plupart des processeurs vocaux ne transmettent pas cette dernière dû au nombre limité d'électrodes implantées et le défaut de spécialisation de la stimulation électrique, moins précise qu'une cochlée fonctionnelle. C'est pour cela que les sons musicaux sont perçus comme confus par les sourds implantés.

Aujourd'hui, la nouvelle génération de processeurs vocaux a intégré des fonctions d'audition fine, avec l'appréhension de la structure fine du son. Le patient sourd implanté peut alors en principe bénéficier des détails fins et du codage temporel du signal sonore [103] [104]. Le renouvellement du processeur peut donc apporter cette nouvelle technologie aux patients et peut-être améliorer leur perception de la musique.

d. La baisse du champ dynamique

Le champ dynamique acoustique d'une oreille normale est de 120 dB, c'est-à-dire que la personne est capable de détecter une échelle d'intensité de sons très large. Le patient implanté cochléaire a, quant à lui, un champ dynamique électrique (puisque l'onde est électrique) qui ne s'étend que de 10 à 20 dB. Il ne peut donc pas percevoir tous les degrés d'intensité qu'un entendant peut entendre. Cela limite le champ dynamique acoustique de la musique [29].

2. L'apport par le renouvellement

Les fabricants d'implants cherchent à concevoir des processeurs qui permettraient d'entendre presque aussi bien que les personnes normo-entendantes.

C'est donc par de nouvelles avancées technologiques que la perception de la musique pourrait devenir possible, et notamment par le développement de nouveaux processeurs vocaux avec des stratégies de codage plus performantes.

De nouveaux processeurs, comme l'OPUS 2® de MED-EL®, tentent de mieux coder les informations de l'enveloppe et des structures fines du son afin d'améliorer la perception de la parole dans le bruit et de la musique.

Looi V et coll. (2011) [55] ont comparé l'écoute de la musique avec deux stratégies de codage différentes chez cinq adultes implantés cochléaires. Après une période d'adaptation à la stratégie de codage FSP, les patients trouvent la musique avec cette stratégie moins cinglante et brutale qu'avec la stratégie HDCIS.

3. La musique par rapport à la parole

[10]

Comprendre la parole nécessite un ensemble d'activités cognitives : il faut percevoir et comprendre chaque mot, les analyser dans un ordre donné pour comprendre le sens de la phrase, saisir l'intonation, le contexte où la phrase a été énoncée, etc.

Pour comprendre, il faut donc percevoir tous les sons constitutifs de la chaîne parlée. Mais de temps en temps, il arrive que des sons ne soient pas perçus sans pour autant que l'auditeur ne comprenne pas le sens de la phrase. En effet, dans cette situation, il y a deux phénomènes qui pallient ce manque :

L'effet de restauration phonémique (si un seul phonème est supprimé, le cerveau le restaure sans que le sujet ne se rende compte de sa suppression)

L'effet de contexte (les mots sont mieux compris lorsqu'ils appartiennent à une phrase)

L'écoute de la musique nécessite de :

- pouvoir identifier une phrase musicale correcte,
- pouvoir différencier deux mélodies différentes,
- reconnaître des rythmes différents,
- mémoriser toutes ces informations.

Entre la musique et la parole, la finalité est différente : la parole véhicule un message qu'il faut comprendre, alors que la musique fait surgir des sensations, des émotions.

L'auditeur ne les reçoit donc pas de la même manière. Dans le cadre de la parole, l'effort cognitif est plus important car il faut comprendre le sens du message. De plus, l'attention se porte sur les variations de la fréquence fondamentale. Alors qu'en ce qui concerne la musique, c'est le ressenti qui est recherché, et l'attention est portée sur le timbre vocalique et sa structure harmonique.

4. L'importance de l'entraînement spécifique à l'écoute de la musique

Dans la rééducation orthophonique, la compréhension du langage est prioritaire. La musique n'a qu'une toute petite, voire pas de place dans la rééducation. Elle fait souvent l'objet d'une demande particulière. Or la musique est très riche acoustiquement et la travailler permettrait sûrement des progrès dans d'autres domaines comme celui de la perception du langage dans le silence et dans le bruit [53].

Galvin et coll. (2009) [35] ont constaté que ceux qui ont les meilleures performances dans l'écoute de la musique sont ceux qui ont une plus grande expérience musicale avant et après l'implantation. L'entraînement à la perception de la mélodie peut être bénéfique aux patients ayant de faibles performances.

Dans son étude réalisée en 2007, les patients se sont entraînés durant deux mois maximum, tous les jours via leur ordinateur. A l'écoute d'une brève mélodie, ils devaient distinguer la forme graphique du son (montant, descendant, plat...). A la fin de l'entraînement, les performances des sujets ont augmenté de 27% en moyenne.

Dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude en orthophonie [7] une étude a été réalisée pour évaluer l'apport d'un entraînement musicale chez sept patients implantés cochléaires. Au bout de cinq mois d'entraînement, à raison d'une séance par semaine, tous les patients ont vu leurs pourcentages de réussite aux épreuves analytiques (capacités réceptives de la musique) et globales (identification, reconnaissance et mémorisation d'airs musicaux) augmenter (de 16% en moyenne). Notons tout de même que malgré l'entraînement musical, la perception et l'analyse du timbre et de la fréquence des instruments de musique, ainsi que l'identification et

la reconnaissance d'un air musical restent difficiles pour les patients implantés. Quand l'implant cochléaire reçoit trop d'informations, il ne peut restituer qu'un « brouhaha sonore ». En revanche, cet entraînement spécifique a permis pour tous les patients d'améliorer leur reconnaissance de la parole dans le bruit.

Intégrer la perception de la musique dans une prise en charge orthophonique chez les patients sourds implantés cochléaires, permet de la rendre plus ludique et diversifiée. Elle apporte un meilleur confort de l'écoute et des progrès dans différents domaines auditifs [62].

PARTIE PRATIQUE

I. Problématique

L'arrêté du 2 mars 2009 paru dans le Journal Officiel rend possible le renouvellement du processeur vocal des implants cochléaires au bout de cinq ans. Pris en charge par la Sécurité sociale, de nouvelles questions sont soulevées : quels bénéfices pour les patients ? Les capacités de perception auditives s'améliorent-elles systématiquement ? Une prise en charge orthophonique est-elle indiquée ? Quel type de prise en charge proposer aux patients récemment renouvelés ?

En effet, le changement du processeur n'est pas sans effet sur l'audition des patients. De nombreuses études ont été menées mais elles ne montrent pas toutes les mêmes conséquences. Certaines ont montré une meilleure compréhension de la parole dans le bruit [71], tandis que d'autres, n'ont pas constaté de différence dans ce domaine, et ont mis en évidence une amélioration de la perception des sons faibles [26], ou encore pour certains une meilleure écoute de la musique [55].

Par ailleurs, les impressions des patients sont variables : certains se disent satisfaits de leur nouveau processeur, d'autres ne remarquent pas de changement ou d'impact réel sur leur vie quotidienne. D'autres encore, peuvent ne pas être satisfaits car le changement de processeur vocal bouleverse le quotidien: non seulement leurs repères auditifs ont été modifiés, mais les patients doivent s'habituer au nouveau design et à une manipulation différente du système.

Les patients doivent non seulement s'habituer au nouveau design et à une manipulation différente mais également retrouver des repères auditifs qui ont été modifiés.

L'objectif de cette étude est de rendre compte des performances dans la vie quotidienne des adultes sourds implantés cochléaires et renouvelés. Pour cela, quatre situations auditives écologiques ont été définies: la compréhension dans le silence et dans le bruit, l'utilisation du téléphone, et l'écoute de la musique. Nous avons alors testé les performances des patients avant et trois mois après le renouvellement du processeur pour comparer leurs résultats.

Des tests orthophoniques standardisés permettant d'évaluer les capacités de traitement de la parole, mesurent leurs performances de manière quantitative. Des auto-évaluations ont également été proposées aux patients, afin que les patients

évaluent eux-mêmes leur communication et leur perception sonore. Des tests de perception acoustique leur ont été proposés, ne faisant pas appel à la suppléance mentale. Cela afin de confronter ces résultats avec leur qualité de vie.

Cette étude vise donc à évaluer les bénéfices potentiels du renouvellement du processeur vocal de l'implant pour la perception de la parole et pour la communication de ces personnes implantées.

Par ailleurs, cette étude interroge également sur les besoins d'accompagnement orthophonique après le renouvellement et proposera, le cas échéant, des pistes de rééducation.

II. Hypothèses

○ Hypothèse 1

Les études portant sur le renouvellement des processeurs vocaux intègrent, pour la plupart, un test subjectif afin d'évaluer le ressenti des patients avec leur nouveau processeur. Cependant, cette dimension est bien souvent moins développée que les évaluations objectives.

Nous avons voulu recueillir les avis des patients sur différentes dimensions de leur qualité de vie. Ainsi, seront étudiées leur qualité de vie d'un point de vue général, ainsi que leur qualité d'écoute de façon plus précise, comme la sensation de réverbération par exemple.

Nous émettons alors l'hypothèse que le renouvellement, à travers l'amélioration de la qualité d'écoute de la communication, améliore la qualité de vie.

○ Hypothèse 2

Les études menées sur le renouvellement présentent des résultats parfois contradictoires: certaines démontrent qu'il y a une amélioration de la compréhension dans le bruit [71] après le renouvellement tandis que d'autres ne notent aucune différence [26].

Dans cette étude, nous avons voulu rendre compte des éventuels changements en terme de performances auditives dans la vie quotidienne de nos

patients. Nous avons donc défini plusieurs situations auditives écologiques afin de rendre compte au plus juste de la vie quotidienne avec l'implant cochléaire.

Un large état des lieux des situations de communication a été envisagé pour tester les performances des patients.

Nous émettons l'hypothèse que l'audition s'améliore dans plusieurs situations auditives avec le renouvellement du processeur vocal. De cette hypothèse découlent plusieurs sous-hypothèses :

➤ **Sous- hypothèse 1 :**

La perception des paramètres acoustiques (durée, fréquence, intensité) et phonétiques est une des difficultés majeures que les personnes implantées cochléaires rencontrent [63]. Cependant, aucune des études relevées dans la littérature n'a comparé les éventuelles modifications au niveau de ces paramètres suite au renouvellement du processeur vocal au niveau de la perception acoustique. Nous nous sommes demandé si les nouveaux processeurs vocaux, intégrant une technologie plus développée, peuvent avoir un effet sur la perception phonétique.

Nous émettons alors l'hypothèse que le renouvellement du processeur vocal améliore la qualité de la perception des éléments fins de la parole.

• **Sous-hypothèse 2 :**

La plupart des études précédemment citées relèvent une amélioration générale de la compréhension de la parole suite au renouvellement du processeur vocal, aussi bien pour les enfants que pour les adultes.

En revanche, elles ne montrent pas toutes un bénéfice au niveau de la compréhension de la parole dans le bruit: l'étude de Lorens et coll. (2010) [56] conclut à de meilleures performances dans le bruit après le renouvellement du processeur, tandis que Magnusson (2011) [59] n'en trouvent pas.

Dans un souci écologique, nous nous sommes demandé si le renouvellement du processeur vocal pouvait améliorer la compréhension de la parole dans différentes situations. Nous avons laissé les patients choisir le programme utilisé préférentiellement, aussi bien dans un environnement calme que bruyant.

Nous émettons alors l'hypothèse que le renouvellement du processeur vocal améliore la compréhension de la parole dans le silence et dans le bruit.

- **Sous-hypothèse 3 :**

Beaucoup de patients implantés après rééducation orthophonique peuvent de nouveau utiliser le téléphone. En revanche, on note de grandes variations interindividuelles au niveau de la compréhension : certains ont plus de difficultés à comprendre une conversation non convenue avec un interlocuteur inconnu.

Nous nous sommes donc interrogées sur l'impact du renouvellement du processeur vocal sur la compréhension au téléphone et son utilisation: celui-ci entraîne-t-il une facilitation de l'usage du téléphone ?

Nous émettons l'hypothèse que le renouvellement du processeur vocal de l'implant cochléaire permet une utilisation du téléphone plus aisée.

- **Sous-hypothèse 4 :**

La musique est l'élément le plus difficile à percevoir avec un implant cochléaire [65]. Certaines marques d'implants cochléaires assurent que les nouveaux processeurs permettent une meilleure perception des structures temporelles fines, ce qui améliorerait la perception de la musique. Nous avons donc voulu évaluer si les patients avaient de meilleures capacités d'écoute de la musique avec leur nouveau processeur vocal.

Nous émettons l'hypothèse que le renouvellement améliore l'écoute de la musique.

- **Hypothèse 3:**

Les patients récemment renouvelés ne sont pas majoritairement demandeurs d'une nouvelle prise en charge orthophonique.

Nous nous sommes interrogées dans le cadre d'un renouvellement si une rééducation serait utile pour les accompagner dans leur nouvelle perception et notamment pour l'utilisation de nouveaux médias (téléphone, musique).

Sur la base du volontariat, nous avons proposé un entraînement sur un domaine particulier de leur choix, pour mesurer des bénéfices éventuels à cette rééducation.

Cette dernière pourra être de courte durée puisqu'elle sera spécifique à un domaine. Un seul patient s'est proposé, il fera l'objet d'un cas clinique.

Nous émettons donc l'hypothèse que les performances auditives peuvent être améliorées par un entraînement spécifique et de courte durée.

III. Population d'étude

La population de l'étude est composée de 14 patients implantés cochléaires (7 hommes et 7 femmes) suivis à l'hôpital Beaujon, dans le service du professeur O. Sterkers. Les patients ont été inclus dans l'étude en fonction du calendrier de rendez-vous du service, selon les critères suivants :

Critères d'inclusion :

- Patient majeur, sans limitation d'âge
- Surdité péri ou post-linguale
- Avec ou sans prothèse contro-latérale
- Implantation uni ou bi-latérale
- Maîtrise suffisante de la langue orale et écrite (pour répondre aux questionnaires francophones)
- Utilisateur ou non du téléphone

Critères d'exclusion :

- Patients avec troubles cognitifs associés

Les passations de protocole se sont déroulées entre septembre 2012 et janvier 2013 pour les tests avant renouvellement et entre novembre 2012 et avril 2013 pour les tests après renouvellement. Elles se sont déroulées dans les bureaux du service d'ORL de l'hôpital Beaujon    Clichy, puis à partir de début mars, dans l'unité Otologie, Implantologie et Chirurgie de la base du crâne de la Pitié Salp  tr  re,    Paris.

Les patients ayant accepté de participer à notre étude sont tous des adultes d'âge moyen de 54 ans (mini = 25 ; max = 83) et sont porteurs d'un implant cochléaire depuis plus cinq ans. Nous avons dû écarter un patient à cause de résultats trop faibles et de troubles cognitifs associés importants.

N°	Sexe	Age	Délai post implant	Côté IC	ACA controlatérale	Etiologie de la surdité	Marque	Modèle de l'ancien processeur	Modèle du nouveau processeur
1	F	61	10ans	G	oui	inconnue	Cochlear	freedom	CP 810
2	F	64	7ans	G	non	Otospongieuse	Cochlear	freedom	CP 810
3	M	75	9ans	D	oui	otolitique	Cochlear	ESPrít 3G	CP 810
4	F	55	5ans	D	non	inconnue	Cochlear	freedom	CP 810
5	M	31	11 ans	G	oui	Otite séreuse	Cochlear	freedom	CP 810
6	M	53	6 ans	D	non	neurinome	Cochlear	freedom	CP 810
7	M	64	7ans	G	non	Traumatisme	Cochlear	freedom	CP810
8	M	31	7ans	G et D	non	Traumatisme crânien	Cochlear	freedom	CP 810 à droite
9	F	70	8ans	G et D	non	Inconnue	Med-EI C40+	Tempo+	Opus 2 bilatéral
10	M	72	6ans	G et D	non	Atteinte mitochondriale	Cochlear	Freedom	CP 810 à gauche
11	F	65	16ans	G	non	inconnue	Neurelec	Digisonic	Saphyr
12	F	81	7ans	G	oui	inconnue	Cochlear	Freedom	CP 810
13	F	25	19 ans	D	non	Inconnue	Cochlear	Spectra	CP 810
14	F	83	7ans (réimplantation)	D	non	Surdité brusque	Cochlear	ESPrít 3G	CP 810

IV. Protocole: élaboration et procédure

Le protocole développe cinq points autour d'évaluations objectives et subjectives. Il dure une vingtaine de minutes.

Points abordés	Tests subjectifs utilisés	Tests objectifs utilisés
Compréhension: <ul style="list-style-type: none"> • Dans le silence • Dans le bruit 		<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2 listes cochléaires de Lafon ➤ 1 liste de mots dissyllabiques de Fournier ➤ 2 listes de phrases MBAA dans le bruit : S/B= 10 dB et S/B = 5 dB
Perception acoustique (logiciel A\$E2009®)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Questionnaire sur la qualité de la parole 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Différencier des modulations d'harmoniques ➤ Différencier des intonations de phrases
Perception de la musique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Questionnaire munichoïsis sur la musique 	
Utilisation du téléphone	a. Questionnaire de Cray traduit (+1 question)	
Qualité de vie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Questionnaire APHAB ➤ Questionnaire ERSA ➤ 7 questions post renouvellement 	

Tableau 3: Protocole de l'étude.

1. Les tests subjectifs

Les patients ont répondu à cinq questionnaires différents. Ils leur ont été envoyés par la poste, afin qu'ils puissent avoir le temps de les remplir. A leur venue à l'hôpital pour la passation de protocole, nous avons récupéré les questionnaires et si nécessaire nous avons aidé ceux qui avaient eu des difficultés à les compléter. Nous avons fait signer une feuille de consentement en deux exemplaires (une conservée dans le service, l'autre pour le patient). Les questionnaires sont proposés avant les tests orthophoniques afin que les patients ne soient pas influencés par leurs résultats et qu'ils répondent en fonction de leur appréciation [21] [52].

a. Choix des questionnaires

Parmi les cinq questionnaires choisis, les deux premiers concernent la qualité de vie du patient depuis sa surdité et son implantation cochléaire: APHAB [21] (Abbreviated profile of Hearing Aid Benefit) et ERSA [2] (Evaluation du Retentissement de la Surdité chez l'Adulte). Le premier est issu d'une recherche dirigée par Cox et Alexander (1995), mesurant la qualité de vie par le degré de « gêne » des patients avant et après leur implantation cochléaire. Ce questionnaire a été étalonné sur les réponses de 128 patients implantés. Le deuxième est le fruit d'un mémoire d'orthophonie réalisé par Marie Lebretonchel (2010) et développé par l'équipe du professeur O. Sterkers au Centre Référent d'Implant Cochléaire Adulte d'Ile de France.

Le troisième questionnaire concerne la qualité de la parole. Il a été mis au point par le département de recherche clinique d'Advanced Bionics Europe®, fabricant d'implants cochléaires. Il permet une auto-évaluation de la perception de la clarté de sa propre parole ainsi que de celles de son interlocuteur.

Le quatrième questionnaire concerne la communication au téléphone avec un implant. Il s'agit de la traduction française par Callies & De Bergh (2009) du questionnaire élaboré par Cray et coll. [51].

Enfin, le cinquième questionnaire porte sur l'écoute de la musique. Il a été développé par le fabricant d'implants cochléaires Med-El®.

Ces cinq questionnaires nous permettent d'analyser les différentes situations de communication et d'écoute avec un implant cochléaire. Ils nous donnent le ressenti et le vécu de chaque patient dans ses différentes situations de vie quotidienne.

b. Contenu des questionnaires

➤ *APHAB*

Le questionnaire APHAB comporte 24 questions, interrogeant sur des situations auditives quotidiennes. Il se focalise essentiellement sur la gêne occasionnée par le bruit (bruit de fond, bruit ambiant, réverbération du son et son désagrément). Le patient doit cocher une lettre en fonction de la fréquence à laquelle chaque situation est vécue par le patient :

- A : Toujours (99%)
- B : Presque toujours (87%)
- C : En général (75%)
- D : La moitié du temps (50%)
- E : Parfois (25%)
- F : Rarement (12%)
- G : jamais (1%)

Le résultat donne donc un pourcentage de gêne: plus il est bas, moins la gêne est importante.

➤ *ERSA*

Ce questionnaire porte sur le retentissement de la surdité sur la communication quotidienne, sociale et professionnelle du patient.

Il a été élaboré sur le modèle des échelles visuelles analogiques (EVA). Vingt questions sont proposées dans quatre domaines: qualité de vie, vie personnelle, vie sociale, vie professionnelle. Il a été validé auprès d'adultes sourds présentant une surdité sévère à profonde et d'adultes implantés cochléaires [2].

➤ *Questions ouvertes lors de l'entretien d'accueil trois mois après le renouvellement du processeur vocal*

Avant de réévaluer nos patients, nous avons souhaité leur poser des questions ouvertes, spécifiques sur leur renouvellement, afin de connaître leurs impressions au sujet de leur nouveau processeur (cf. Annexe).

➤ *Qualité de la parole*

Il comporte dix questions sur le ressenti de la voix de son interlocuteur et de sa propre voix, aussi bien sur la qualité générale de la perception (agrément, clarté) que sur certaines caractéristiques telles que la hauteur, la sensation d'écho lors d'une élocution.

➤ *Utilisation du téléphone par les patients implantés cochléaires*

Il se compose de trente-six questions, concernant leur utilisation du téléphone. La compréhension de la parole au téléphone est également abordée.

A la question 13, interrogeant sur l'utilisation ou non d'une prothèse auditive sur l'oreille non-implantée, nous avons ajouté une question afin de savoir si le patient téléphone du côté de la prothèse.

➤ *Ecoute de la musique*

Il est composé de vingt-cinq questions sur l'écoute de la musique et sa pratique, avant et après l'implantation cochléaire.

c. Cotation des questionnaires

➤ *APHAB*

Une feuille de calcul automatique permet de regrouper les questions et de déterminer le pourcentage de gêne sur 4 niveaux : la facilité de communication, le bruit de fond, l'aversion et la réverbération. Enfin, un score global est donné. Plus le pourcentage est grand, plus la gêne de la surdité dans la vie quotidienne du patient est importante.

➤ *ERSA :*

Pour chaque question, le patient doit donner une note entre 0 (note minimale) et 10 (note maximale). Cela donne un score total sur 200. Pour les patients n'ayant plus

d'activités professionnelles, le total est sur 150. Plus le score est haut, plus la gêne de la surdité dans la vie quotidienne du patient est faible.

➤ *Qualité de la parole :*

Le patient doit donner une note de 0 (note minimale) à 10 (note maximale) pour chaque question.

Nous avons supprimé la question 4 de ce questionnaire dans notre analyse statistique, car elle traite de la fréquence grave de la parole : 0 = « extrêmement grave » et 10 = « pas grave du tout ». La réponse à cette question ne donne donc pas un score mélioratif ou péjoratif. Nous traiterons cette question d'un point de vue qualitatif. Le score total de ce questionnaire est donc sur 90.

➤ *Utilisation du téléphone par les patients implantés cochléaires*

Seules les questions de 15 à 18 puis de 24 à 32 sont notées, de la façon suivante :

- 2 points si la réponse est « oui » ou « oui la plupart du temps »
- 1 point si la réponse est « oui de temps en temps »
- 0 points si la réponse est « non ».

Le score total est donc sur 36.

➤ *Ecoute de la musique*

Le questionnaire étant difficilement cotable, nous avons choisi d'en faire une analyse qualitative.

2. Les tests objectifs

a. Contenu des tests

Nous avons choisi différents tests objectifs : des tests orthophoniques, mesurant la perception de la parole, et des tests psychoacoustiques, évaluant le traitement perceptif strictement acoustique des sons.

➤ *Les tests psychoacoustiques* : [88] [81]

Ce sont les premiers tests proposés au patient. Il s'agit de deux épreuves issues du logiciel AŞE2009® (ASSE ou Auditory Speech Sounds Evaluation) qui évalue le codage des basses et hautes fréquences. Nous avons choisi deux épreuves qui sont des tests d'intonation. Ils permettent d'évaluer le codage des basses fréquences, notamment le codage des structures temporelles fines.

➤ *Les tests orthophoniques* :

Voici les différents tests orthophoniques mesurant la compréhension de la parole dans l'ordre de passation :

- Deux listes cochléaires de Lafon composées de 17 mots monosyllabiques chacune, à répéter.
- Deux listes de Fournier composées de 10 mots dissyllabiques chacune, à répéter.
- Une liste de 15 phrases MBAA dans le bruit, avec un rapport signal/bruit de 10dB.
- Une liste de 15 phrases MBAA dans le bruit avec un rapport signal/bruit de 5dB.

Une liste « cochléaire » de Lafon est composée de 17 mots de 3 phonèmes correspondant essentiellement à des mots monosyllabiques de type consonne – voyelle – consonne. Ils permettent de d'évaluer les confusions phonétiques.

Une liste de Fournier est composée de 10 mots porteurs de sens. Ils commencent tous par l'article défini masculin « le » et comportent deux syllabes. Les listes ne sont pas phonétiquement équilibrés d'où la nécessité d'évaluer le patient sur deux listes différentes.

Les phrases MBAA ont été adaptées de l'anglais par Xavier Cormary, à partir du protocole *Everyday Sentences*. Elles visent à tester la compréhension de phrases du quotidien, formée par un lexique fréquent. Tous les phonèmes sont présents dans les 15 phrases des 35 listes de ce test.

b. Conditions de passation

Ces tests sont réalisés une première fois avant le renouvellement et une seconde fois, trois mois après. Lors du deuxième test, de nouvelles listes sont utilisées pour éviter l'effet d'apprentissage.

Pour que seul l'implant renouvelé soit testé, la prothèse ou l'implant cochléaire contro-latéral doit être éteint. Si l'oreille contro-latérale conserve des restes auditifs, elle sera bouchée par un bouchon d'oreille.

➤ *Les tests psychoacoustiques*

Ces tests sont réalisés en premier.

Le test sur la discrimination des intonations d'harmoniques est réalisé en champ libre, à 60dB délivré par une enceinte en face du patient. En ce qui concerne le test sur la discrimination des intonations de phrases, il est réalisé au casque. Nous avons jugé cette épreuve plus difficile et donc moins anxiogène si elle est réalisée avec un casque.

Le re-test n'a pas pu être possible car la licence du logiciel a expiré et n'a pas pu être reconduite. Les résultats lors du premier test ne pourront pas être analysés.

➤ *Les tests orthophoniques :*

Le patient est à un mètre d'une enceinte qui délivre un signal d'une intensité moyenne de 60dB. Tous ces tests sont réalisés en champ libre.

Dans les listes de Lafon, nous distinguons le pourcentage de mots et le pourcentage de phonèmes bien répétés. Dans le test des phrases MBAA, nous distinguons le nombre de phrases et le nombre de mots bien répétés. La cotation est donc double.

3. Cas clinique : le patient 6

Dans le cadre de cette étude, un entraînement spécifique à l'écoute de la musique a été mis en place pour un patient. Ce patient est un homme de 53 ans, informaticien, qui habite la région parisienne. Sa surdité est congénitale et évolutive. Il est implanté de l'oreille droite en 2006. C'est un patient d'un très bon niveau de langage, mais ayant des performances limitées avec l'implant cochléaires malgré la

rééducation orthophonique post implantation. Avec l'implant cochléaire seul (ancien processeur Freedom) il obtient un score de 5% aux mots dissyllabiques de Fournier, de 3% aux mots monosyllabiques de Lafon et la compréhension dans le bruit est difficile (impossibilité à lui faire passer les listes MBAA dans le bruit). Malgré ses difficultés importantes pour le traitement de la parole dans le bruit, il s'est porté volontaire pour un entraînement orthophonique basé sur la musique. En effet, guitariste amateur, il se désole de ne plus pouvoir jouer ni écouter de la musique depuis qu'il a été implanté. Habitant loin de Paris, l'entraînement a pris la forme d'une prise en charge à distance, après le renouvellement de son processeur vocal.

Nous avons réalisé six séances spécifiques à l'écoute de la musique, et mises au point à partir des difficultés auditives de ce patient. Ces séances sont de difficulté croissante et propose un travail à la fois analytique et global. Elles ont eu pour support des fichiers Power Point. Une fiche de commentaires pour chaque séance lui a été remise, afin de recueillir ses facilités et difficultés lors des exercices.

Chaque séance devait être travaillée au minimum deux fois par semaine. Le patient travaillait alternativement de son ordinateur personnel ou professionnel. Il branchait par un câble audio, connecté directement de son processeur externe à l'ordinateur.

A la fin des séances, un entretien a été convenu afin de recueillir ses difficultés et ses impressions quant à cet entraînement.

Les instruments utilisés dans les diaporamas sont issus du site internet www.universal-soundbank.com, les voix du site www.litteratureaudio.com, et toutes les notes utilisées ont été jouées au piano et à la clarinette et enregistrées avec un microphone d'ordinateur. Le logiciel Audacity a été utilisé pour mettre en forme les voix d'hommes et de femmes enregistrées.

La progression des exercices était la suivante :

Séance 1 : discrimination

- au niveau du rythme : le patient doit définir si les notes entendues sont longues ou brèves, puis définir si les mélodies sont lentes ou rapides.
- au niveau de l'intensité : Il doit définir si les notes sont fortes ou faibles.

Séance 2 : discrimination

- au niveau de la fréquence : discriminer des notes graves vs. des notes aiguës, puis des voix d'hommes vs. de femmes, enfin des voix graves vs. des voix aiguës.

Séance 3 : identification d'une note ou d'une mélodie

- Définir la position d'une note longue puis brève parmi 3 jouées.
- Définir la position d'une note forte puis faible parmi 3 jouées.
- Définir la position d'une mélodie lente puis rapide parmi 3 jouées.

Séance 4 : identification d'une note ou d'une voix

- Définir la position d'une note grave puis aiguë parmi 3 jouées
- Définir la position d'une voix d'homme puis de femme parmi 3 exemples.
- Définir la position d'une voix grave puis aiguë parmi 3 exemples.

Séance 5 : discrimination d'instruments de musique (un instrument de chaque famille : piano, flûte, violoncelle, batterie, saxophone)

- présentation de chaque instrument
- reconnaître l'instrument joué
- reconnaître deux instruments joués à la suite

Séance 6 : identification des instruments de familles différentes

Par exemple : identifier un piano parmi une batterie, un saxophone et une flûte.

4. Traitement statistique

Toutes les analyses statistiques descriptives (pourcentages, moyennes, écart-types) ont été réalisées avec Excel. Quant aux analyses comparatives, elles ont été effectuées à l'aide du logiciel JMP 10® (SAS Institute Inc).

Le test non paramétrique des rangs de Wilcoxon a été utilisé afin de comparer les moyennes des performances durant les deux moments de l'évaluation : avant le renouvellement et trois mois après. Il se justifie par notre petit effectif de patients.

Le patient n°13 n'a pas été pris en compte dans les analyses statistiques, car il n'a pas porté son nouveau processeur.

Tous les scores bruts ont été calculés en pourcentage. Sauf indication contraire, la note maximale est 100 et la note minimale est 0.

Conventionnellement, les résultats sont considérés comme significatifs lorsque la valeur du « p » est égale ou inférieure à 0,05 (seuil minimal de significativité retenu), donc :

** si $p < 0,01$ il existe une forte significativité.

*si $p < 0,05$ les résultats sont significatifs.

NS si $p > 0,05$ les résultats ne sont pas significatifs.

V. Analyse des résultats

1. Présentation des résultats

Tous les scores aux différents tests sont en Annexe 4.

Le questionnaire APHAB donne un pourcentage de « gêne » : plus le pourcentage est élevé, plus le patient est en difficulté.

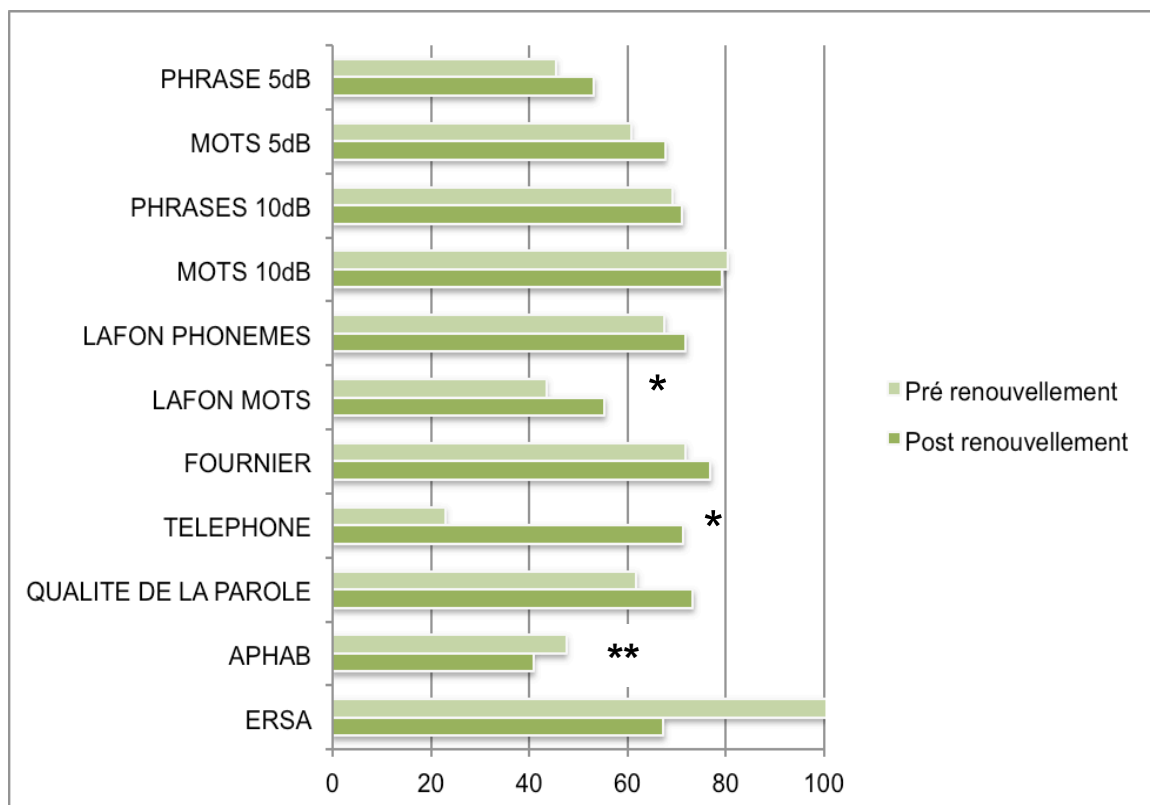


Figure 13: Comparaison des performances pour chaque épreuve avant et après renouvellement. 70

La comparaison des moyennes avant et après le renouvellement montre qu'il y a une amélioration générale des performances, mise en évidence tant au niveau des résultats aux tests orthophoniques qu'au niveau des scores aux questionnaires.

L'analyse statistique des moyennes permet de relever trois différences significatives :

- l'épreuve de répétition des mots de Lafon est significativement mieux réussie ($p=0,039^*$)
- l'utilisation du téléphone est significativement mieux appréhendée selon les patients ($p=0,025^*$)
- la qualité de vie est significativement meilleure selon le questionnaire APHAB car la sensation de gêne est moindre ($p=0,002^{**}$)

Les autres épreuves ne montrent pas de différence significative : les performances des patients restent stables, et si elles s'améliorent, elles ne sont pas significativement meilleures.

2. Analyse statistique des résultats suivant les hypothèses posées

➤ Hypothèse 1

Le renouvellement améliore la qualité de vie.

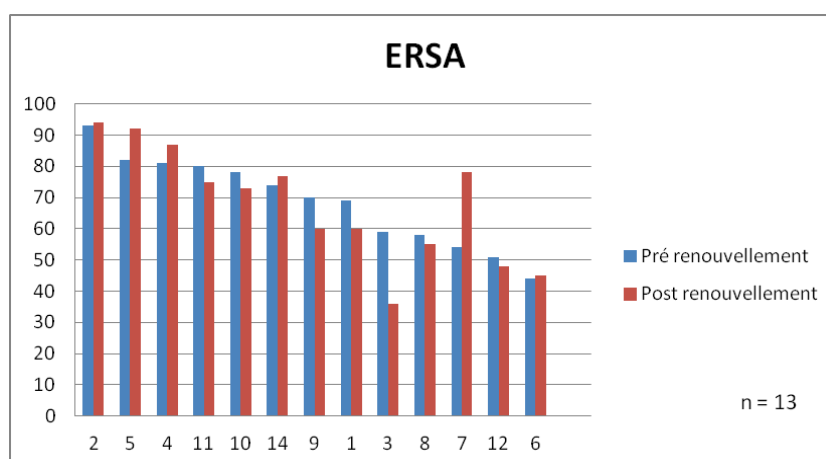


Figure 14 : Evolution de chaque patient au questionnaire ERSA après renouvellement

Les réponses au questionnaire de qualité de vie ERSA sont stables. L'observation des moyennes à ce questionnaire de chaque patient ne montre pas de différence notable avant et après le renouvellement. Qu'elle soit personnelle, sociale ou

professionnelle, les patients estiment que leur qualité de vie est comparable à celle antérieure au renouvellement.

Deux patients notent néanmoins un changement majeur après le renouvellement du processeur vocal: le patient 3 juge le retentissement de sa surdité sur sa communication plus lourd. A contrario, le patient 7 note une amélioration de sa communication.

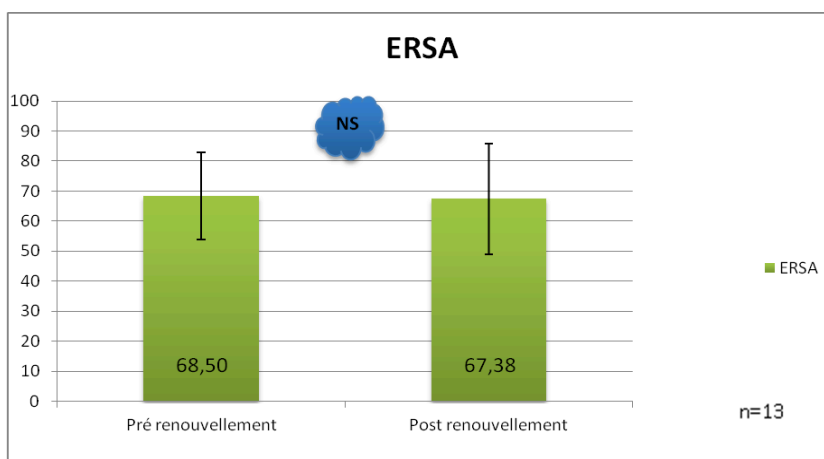


Figure 15 : Moyenne en pourcentage des 13 patients au questionnaire ERSA avant et après renouvellement

La comparaison des deux moyennes ERSA ne relève pas de différence significative ($p=0,75$).

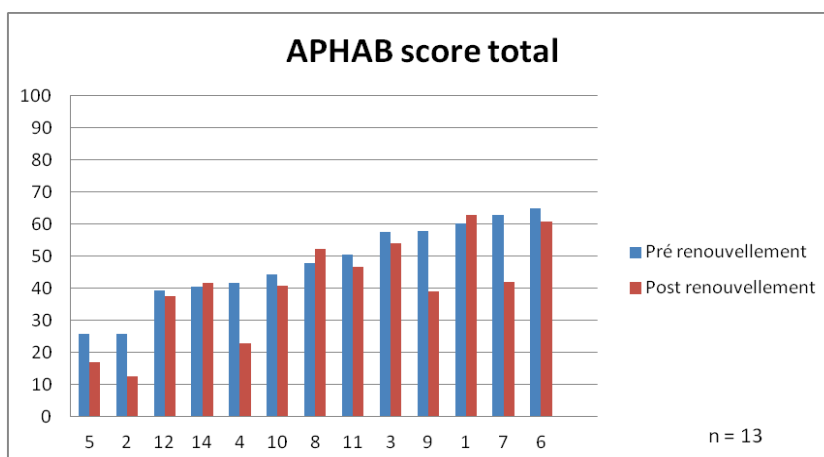


Figure 16 : Evolution de chaque patient au questionnaire APHAB après renouvellement. Note maximale = 0 et note minimale = 100.

Le score total du questionnaire APHAB montre une tendance à une amélioration : la majorité des patients jugent que la sensation de « gêne » entrave moins la communication.

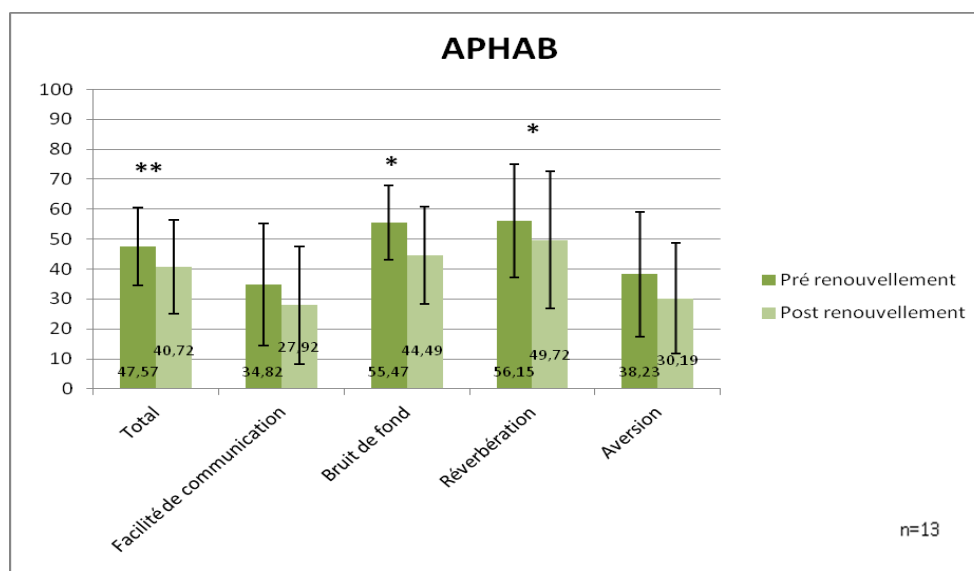


Figure 17: Moyenne en pourcentage des 13 patients au score total et subtests au questionnaire APHAB avant et après renouvellement. Note maximale = 0 et note minimale = 100.

.La sensation de « gêne » diminue très significativement ($p=0,002^{**}$) après analyse statistique des réponses au questionnaire de qualité de vie APHAB. Les patients estiment que leur qualité de communication s'est globalement améliorée après le renouvellement de leur processeur vocal. Le score total passe de 47,57% à 40,72%.

Plus précisément, les subtests du questionnaire APHAB indiquent :

- que le subtest « facilité de communication » passe de 35% à 28%.
- que le subtest « réverbération » passe de 56% à 50%.
- que le subtest « aversion » est stable (38%).
- que le subtest « « bruit de fond » passe de 55% à 44%.

Deux subtests avec des différences significatives sont retrouvés :

- les bruits de fond sont mieux tolérés et jugés moins gênant à la communication ($p=0,03^*$)
- la sensation de réverbération est moindre ($p=0,02^*$)

Les résultats aux deux autres subtests « facilité de communication » et « aversion » ne montrent pas de différence significative (respectivement $p=0,24$ et $p=0,13$).

Hypothèse 2 :

Les capacités auditives s'améliorent dans plusieurs situations auditives après le renouvellement du processeur vocal.

✓ Sous-hypothèse 1 :

La perception des éléments fins de la parole s'améliore après le renouvellement.

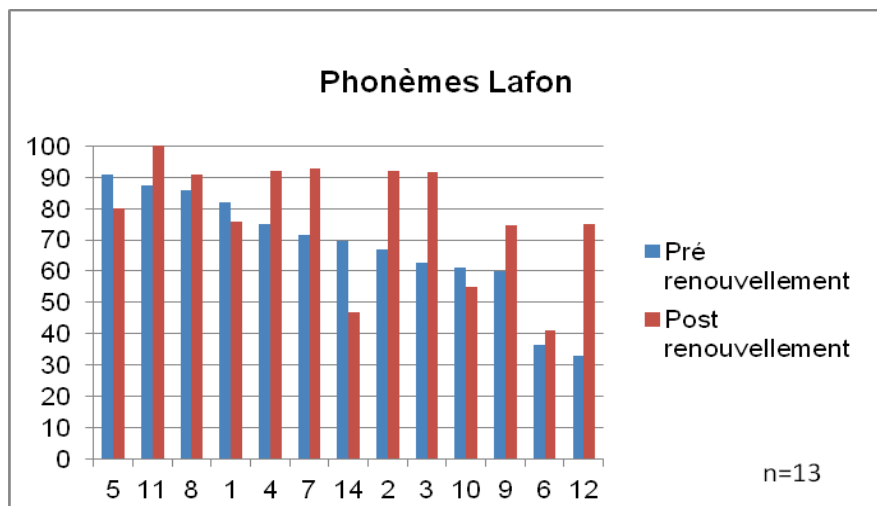


Figure 18: Evolution de chaque patient pour la reconnaissance des phonèmes après renouvellement

En observant les résultats par patients pour la répétition de mots monosyllabiques, une tendance à l'amélioration se dégage : sept patients sur treize augmentent fortement leurs performances. Seul un patient a de moins bonnes performances (patient 14).

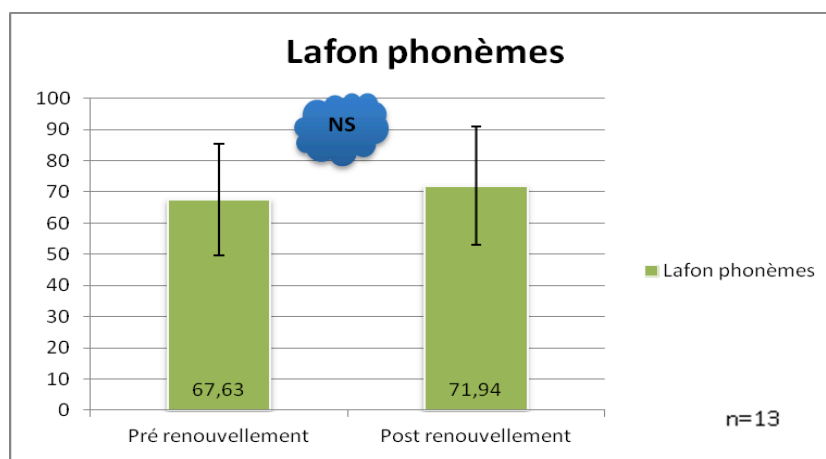


Figure 19 : Moyenne en pourcentage des phonèmes reconnus (Lafon) avant et après renouvellement.

L'analyse statistique des résultats ne met pas en évidence de différence significative entre les scores de reconnaissance des phonèmes avant et après le renouvellement ($p=0,1$).

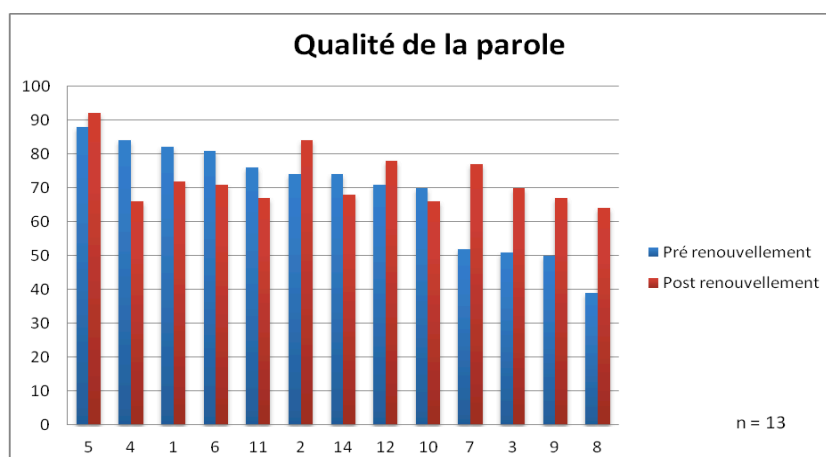


Figure 20: Evolution de chaque patient au questionnaire de qualité de la parole après renouvellement.

Quatre patients sur treize améliorent fortement leur score au questionnaire de qualité de la parole après le renouvellement du processeur vocal. Ces patients sont ceux qui avaient les scores les plus faibles avant le renouvellement.

Deux groupes de patients ont été constitués selon leurs résultats au questionnaire de qualité de la parole : le premier regroupe les patients jugeant la perception de la parole de bonne qualité (score supérieur à 50% au questionnaire) ; et le second regroupe les patients jugeant cette qualité plus modérée (score inférieur à 50% au questionnaire).

1, 2, 4,
5, 6, 10,
11, 12,
14

Patients avec score > 50%

3, 7, 8, 9

Patients avec score < 50%

	Moyenne pré renouvellement	Moyenne post renouvellement	Pourcentage d'évolution
Patients avec score > 50%	78	74	-5%
Patients avec score < 50%	48	70	45%

Tableau 4 : Evolution des patients selon leur score au questionnaire de qualité de la parole.

La comparaison des deux groupes au questionnaire de qualité de la parole montre deux tendances :

- les patients qui avaient, avant le renouvellement, l'impression d'une mauvaise qualité d'audition de la parole sont ceux qui présentent la plus nette progression : ils augmentent leur qualité de la parole de 45% en moyenne.
- les patients qui avaient une très bonne qualité d'écoute ont estimé leurs performances peu ou pas évoluer: la moyenne de leur groupe diminue de 5%.

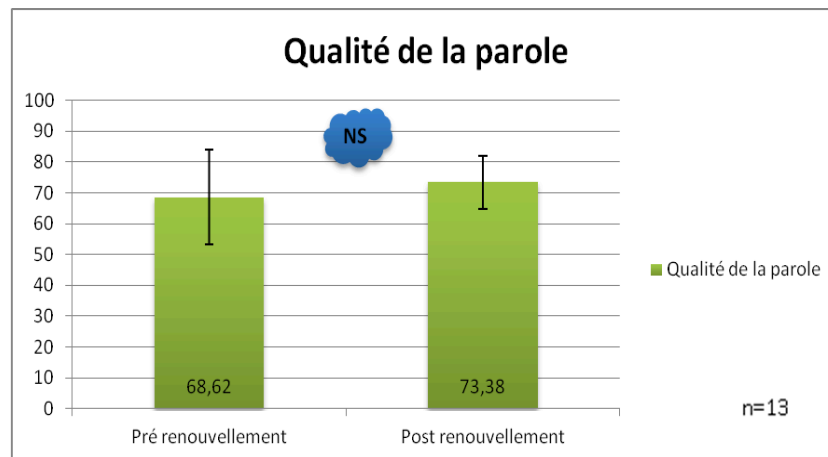


Figure 21 : Moyenne en pourcentage au questionnaire sur la qualité de la parole avant et après renouvellement.

L'analyse statistique de la moyenne des deux groupes (« groupe des patients avec score > 50% » et « groupe des patients avec score < 50% ») ne montre pas de différence significative au niveau de la qualité de la parole avant et après le renouvellement ($p=0,22$).

✓ Sous-hypothèse 2 :

La compréhension de la parole dans le silence et dans le bruit s'améliore par le renouvellement.

Pour la compréhension de la parole dans le silence :

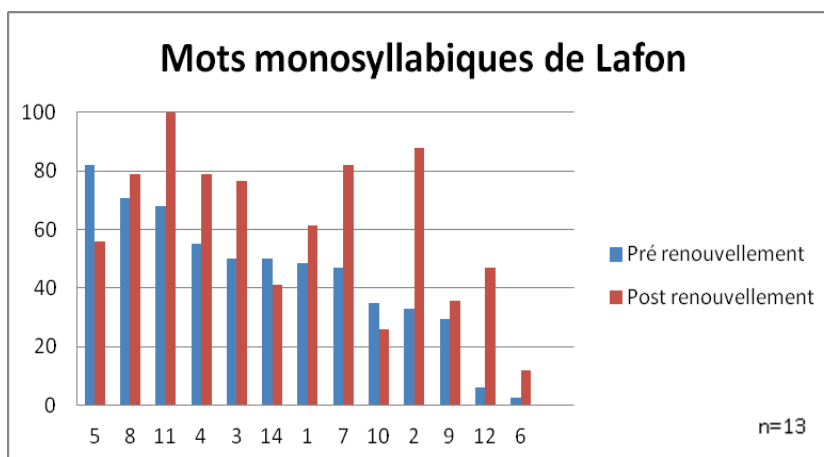


Figure 22 : Evolution de chaque patient au test de compréhension de mots monosyllabiques (Lafon) après renouvellement

Dans l'ensemble, les patients ont amélioré leurs performances au test de compréhension des mots monosyllabiques de Lafon. Six patients améliorent de plus de 50% leurs performances à ce test (les patients 11, 3, 7, 2, 12, 6). En revanche, les performances du patient 5 diminuent.

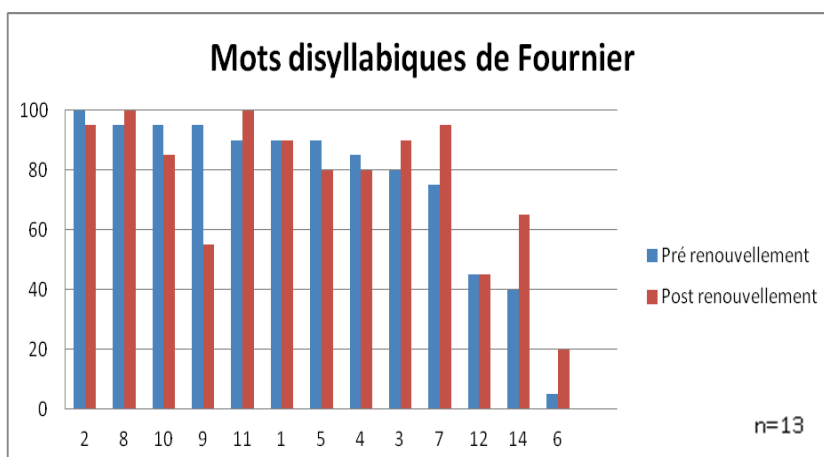


Figure 23 : Evolution de chaque patient au test de compréhension de mots dissyllabiques Fournier) après renouvellement

Dix patients sur treize ont un score au test de compréhension des mots dissyllabiques de Fournier qui est stable, voire pour certains qui augmente (de 40% à 65% de mots reconnus pour le patient 14). Seule la patiente 9 a des performances qui diminuent fortement.

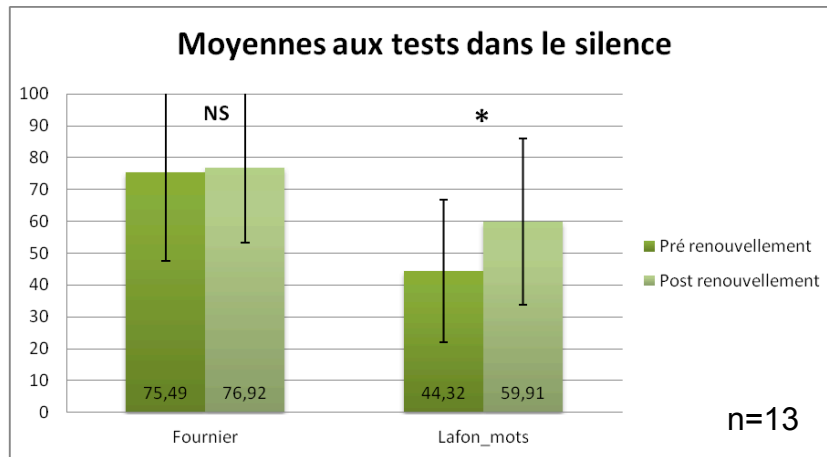


Figure 24 : Moyenne en pourcentage aux tests de compréhension de la parole dans le silence avant et après renouvellement

L'analyse des résultats au test des mots monosyllabiques de Lafon révèle une différence significative avant et après le renouvellement ($p=0,039^*$). En revanche, le test des mots dissyllabiques de Fournier n'en révèle pas ($p=0,55$).

Pour la compréhension de la parole dans le bruit :

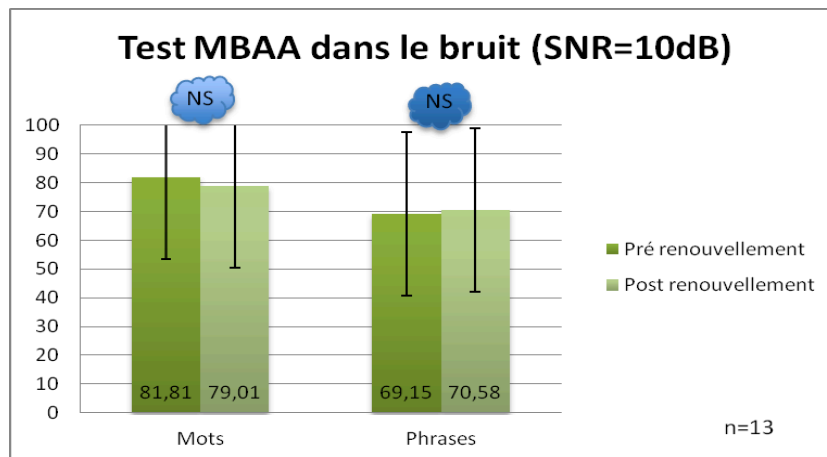


Figure 25 : Moyenne en pourcentage de compréhension de mots et de phrases MBAA dans le bruit avant et après renouvellement (SNR=10dB)

Le test de compréhension des phrases MBAA dans le bruit, avec un rapport signal/bruit de 10dB, ne relève pas de différence significative avant et après le renouvellement, aussi bien pour les mots que pour les phrases (respectivement $p=0,2$ et $p=0,67$).

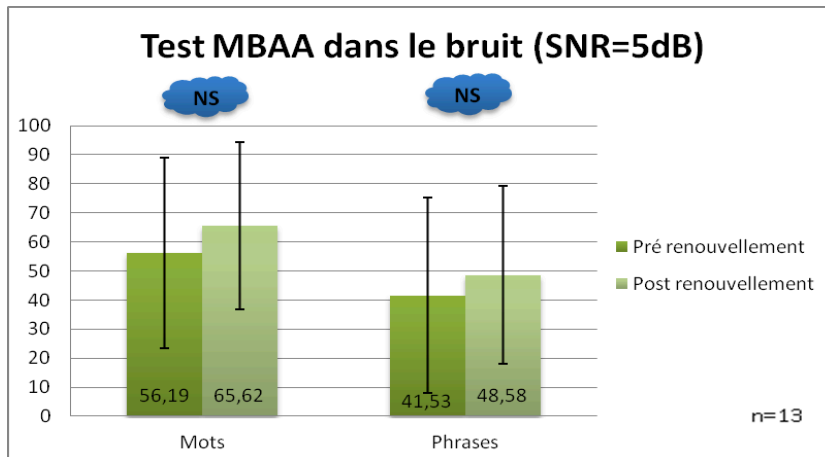


Figure 26 : Moyenne en pourcentage de compréhension de mots et de phrases dans le bruit avant et après renouvellement (SNR=5dB)

L'évolution des performances au test de compréhension de la parole dans le bruit avec un rapport signal/bruit de 5dB, n'est pas significative avant et après le renouvellement, autant pour les mots que pour les phrases (respectivement $p=0,19$ et $p=0,31$).

Pour le patient 6 ayant de faibles performances auditives, les épreuves de compréhension dans le bruit ont été impossibles à réaliser.

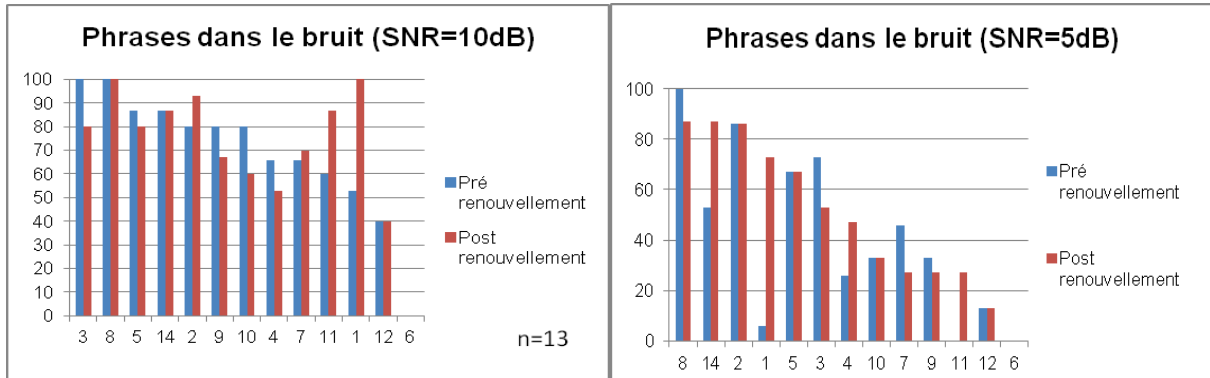


Figure 27 et 27bis : Evolution par patient au test de compréhension de phrases dans le bruit (SNR=10dB et SNR=5dB) avant et après renouvellement

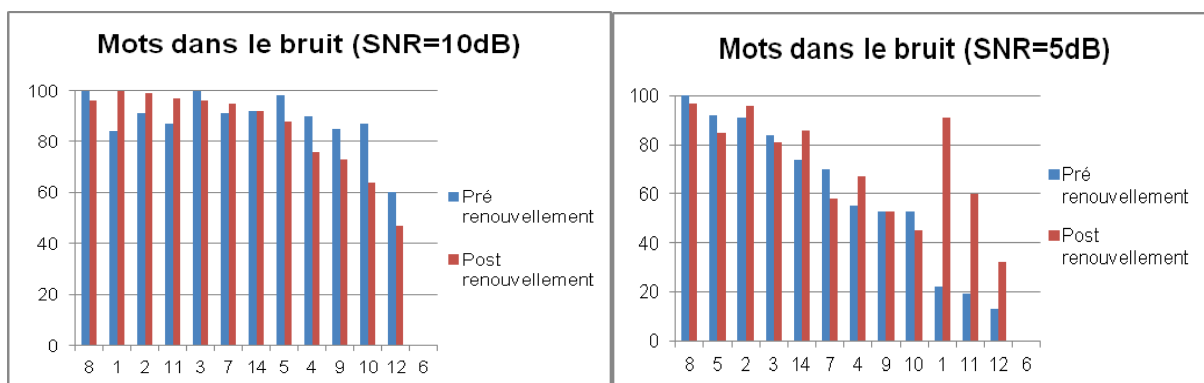


Figure 28 et 28 bis : Evolution par patient au test de compréhension de mots dans les phrases dans le bruit (SNR=10dB et SNR=5dB) avant et après renouvellement

En étudiant les graphiques de l'évolution par patient aux tests de compréhension de phrases et de mots dans le bruit dans les deux conditions (SNR=10dB et SNR=5dB), deux constats peuvent être mis en évidence:

- ⇒ Au niveau de la compréhension de phrases, les patients 3 et 9 diminuent dans les deux conditions.
- ⇒ Les patients 1 et 11 s'améliorent dans les deux conditions, notamment très fortement à la reconnaissance des mots à 5dB.

Nous avons constitué deux groupes de patients selon la génération de leur processeur vocal avant le renouvellement. Un premier regroupe les patients avec des processeurs des générations les plus anciennes (Tempo+ et ESprit 3G) ; le second regroupe les processeurs plus récents (Digisonic BTE et Freedom).

1, 3, 9,
14

**Patients avec anciens processeurs
(Tempo+ et ESprit 3G)**

2, 4, 5, 6,
7, 8, 10,
11, 12

**Patients avec processeurs récents
(Digisonic BTE et Freedom)**

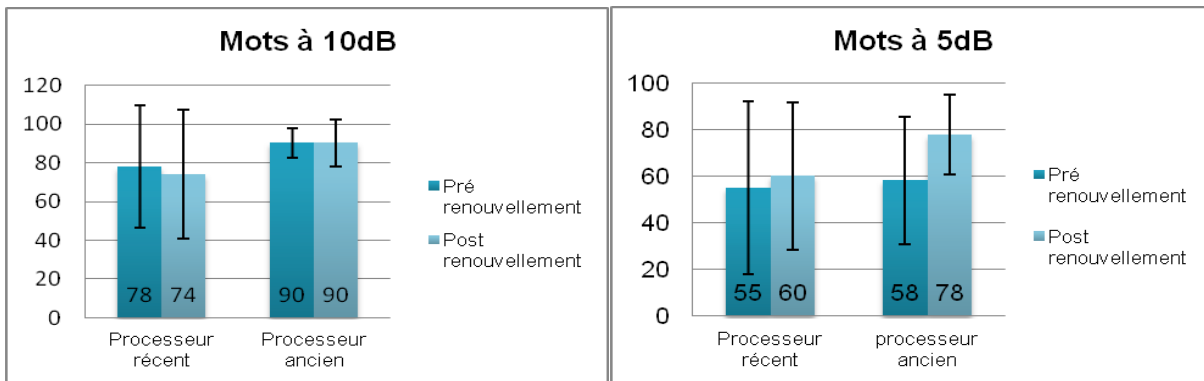


Figure 29 et 29 bis : Moyenne en pourcentage de reconnaissance des mots dans le bruit (SNR=10dB et SNR=5dB) des patients regroupés selon les processeurs avant et après renouvellement

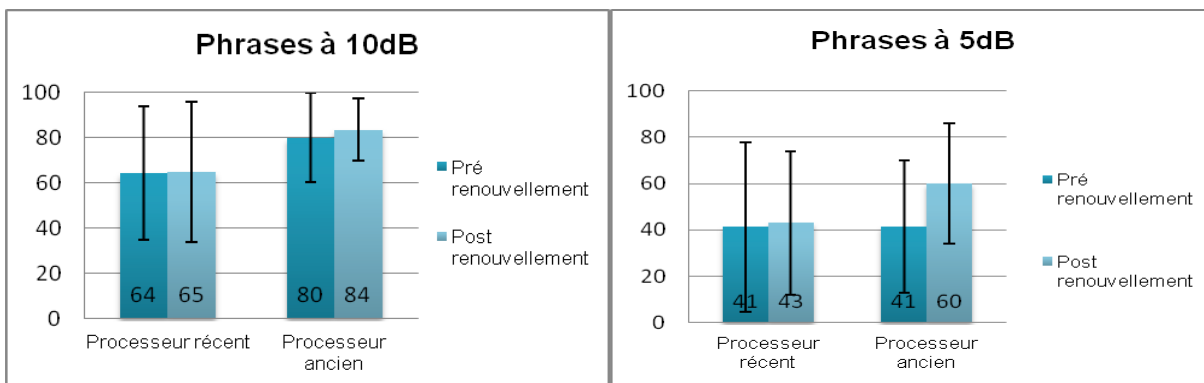


Figure 30 et 30 bis : Moyenne en pourcentage de reconnaissance des phrases dans le bruit (SNR=10dB et SNR=5dB) des patients regroupés selon leur processeur avant et après renouvellement

Les performances des patients qui avaient un processeur récent avant le renouvellement, ont des performances stables pour la compréhension de mots et de phrases dans le bruit (SNR=5dB). Les patients qui avaient un processeur plus ancien ont tendance à s'améliorer après le renouvellement.

Les performances pour la compréhension de mots et de phrases dans le bruit (SNR=10dB) sont stables pour les deux groupes.

✓ Sous-hypothèse 3 :

Le renouvellement du processeur vocal améliore l'utilisation du téléphone.

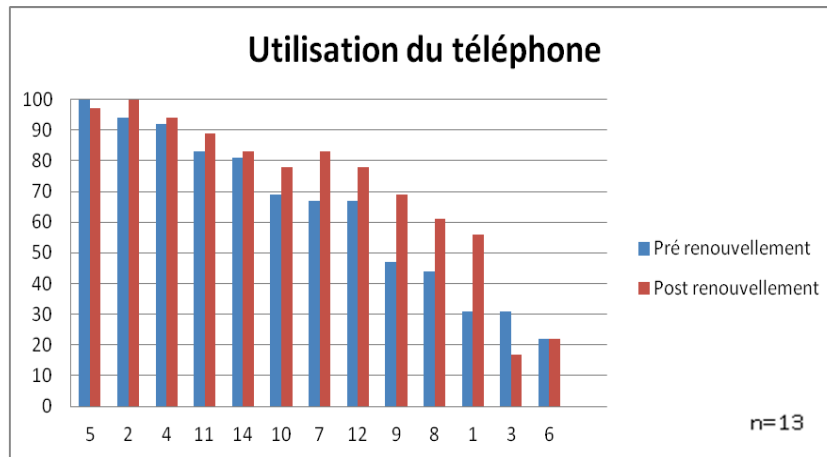


Figure 31 : Evolution de chaque patient au questionnaire sur l'utilisation du téléphone après renouvellement

La tendance générale est à une facilitation de l'utilisation du téléphone : dix patients sur treize améliorent leurs résultats. Seul le patient 3, qui n'utilisait que très peu le téléphone auparavant, n'a pas changé ses habitudes de communication téléphonique avec son nouveau processeur vocal.

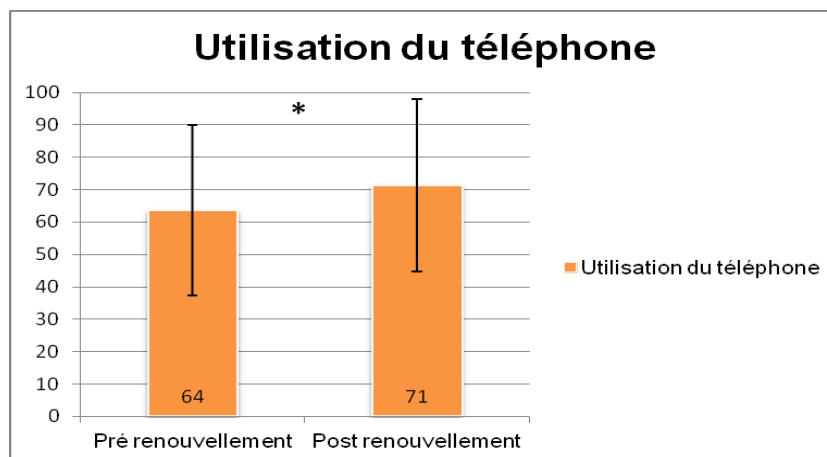


Figure 32 : Moyenne en pourcentage au questionnaire sur l'utilisation du téléphone avant et après renouvellement

L'utilisation du téléphone est plus facile, de façon significative, chez nos patients depuis le renouvellement de leur processeur vocal ($p=0,025^*$).

✓ Sous-hypothèse 4

Le renouvellement du processeur vocal améliore l'écoute de la musique.

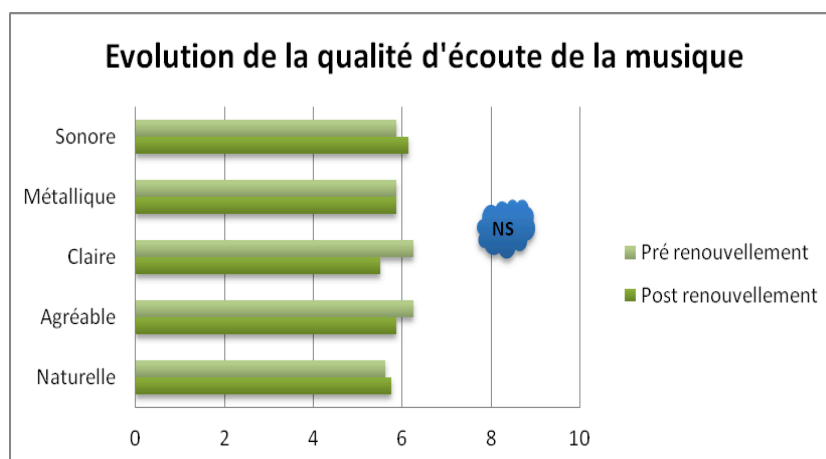


Figure 33: Evolution de la qualité d'écoute de la musique avant et après renouvellement

Lors de la réception des questionnaires sur l'écoute de la musique, seuls huit étaient remplis en entier. Les résultats présentés si dessous sont donc uniquement sur huit patients.

Nous pouvons constater qu'il y a peu d'évolution au niveau de la qualité d'écoute de la musique, sur les cinq critères proposés. La musique a tendance à être jugée par nos patients comme moins claire et moins agréable après le renouvellement du processeur vocal.

	Mélodie	Rythme	Hauteur
Pré renouvellement	3/8	6/8	8/8
Post renouvellement	4/8	6/8	8/8

Tableau 5 : Nombre de patients percevant la mélodie, le rythme et la hauteur lors de l'écoute de la musique avant et après renouvellement

Le renouvellement n'entraîne pas de changement au niveau de la perception du rythme et de la hauteur, qui sont déjà de bonnes qualités.

Un seul patient perçoit mieux les mélodies après le renouvellement de son processeur vocal. Cette composante de la musique reste l'élément le plus difficile à percevoir avec un implant cochléaire.

Numéro patient	Temps d'écoute pré-renouvellement	Temps d'écoute post renouvellement	Pourcentage d'évolution
1	30	30	0
2	180	180	0
5	120	60	- 50
6	30	30	0
7	60	60	0
8	30	120	+ 300
9	60	30	- 50
11	120	60	- 50

Tableau 6 : Evolution du temps d'écoute de la musique quotidien (en minutes) chez 8 patients avant et après renouvellement

Les patients ne semblent pas changer leurs habitudes d'écoute de la musique. Trois patients ont diminué de 50% leur temps d'écoute. En revanche, le patient 8 a augmenté son temps d'écoute de 1h30 par jour.

➤ Hypothèse 3 :

Les performances auditives peuvent être améliorées par un entraînement orthophonique spécifique et de courte durée.

Trois mois après le renouvellement de son processeur vocal, le questionnaire sur l'écoute de la musique du patient 6. ne relevait aucune différence avec celui rempli en pré-renouvellement.

Les résultats comparés dans cette partie sont les réponses obtenues au questionnaire sur l'écoute de la musique avant et après l'entraînement.

Q.4 : Comment sonne la musique en général avec l'implant cochléaire ? (note max=10, note min=1)

	Avant l'entraînement	Après l'entraînement	Evolution post-renouvellement
Naturelle	1/10	3/10	Amélioration
Agréable	1/10	6/10	Amélioration
Claire	1/10	4/10	Amélioration
Peu métallique	5/10	5/10	Inchangé
Peu sonore	5/10	3/10	Dégradation

On note une réelle amélioration de l'écoute de la musique après l'entraînement musical. Le patient 6 trouve la musique plus riche et n'a pas de sensation de sons jugés désagréables.

Q.6 : Comment écoutez-vous de la musique ?

Le patient 6 écoute aujourd'hui la musique en étant concentré et sans distraction. Avant la rééducation, il l'écoutait plutôt en fond sonore. Cette nouvelle écoute montre qu'il porte un nouvel intérêt à la musique et aux informations qu'il peut en recevoir.

Q.10 : Quand vous écoutez de la musique, quels sont les éléments que vous entendez le mieux ?

Le patient 6. dit aujourd'hui entendre uniquement des sons agréables. Les rythmes sont aujourd'hui tous perçus, contrairement au début de la rééducation ; mais il a encore des difficultés à percevoir les nouvelles mélodies.

Q.11 : Distinguez-vous les sons graves des sons aigus ?

Le patient 6. les perçoit bien et mieux qu'avant. Cela lui demande en revanche un certain effort de concentration. La distinction entre les voix féminines et masculines n'est pas toujours évidente.

Les réponses au questionnaire sur l'écoute de la musique ont évolué après l'entraînement. On peut alors parler d'un effet de rééducation. Nous notons une nette progression à la fois sur la qualité d'écoute et sur les capacités d'identification du rythme et de la fréquence.

VI. Discussion

1. Validation des hypothèses

➤ Hypothèse 1 :

L'hypothèse est validée.

Le ressenti des patients vis-à-vis du changement de leur processeur vocal n'est pas toujours pris en compte dans les études précédemment citées.

Dans cette étude, les deux questionnaires jugeant de la qualité de vie à travers la communication et la qualité du signal sonore évaluent deux aspects différents. Le questionnaire ERSA, par ses questions personnelles, est axé sur la vie quotidienne des patients, et photographie la qualité de vie au moment où le patient répond [52]. Il se rapporte principalement à la communication dans des situations de vie variées. Tandis que le questionnaire APHAB se situe à un niveau différent: il s'intéresse davantage à la qualité du signal perçu, et fait donc moins appel à la subjectivité du patient lorsqu'il le remplit que le questionnaire ERSA

La comparaison des deux questionnaires avant et trois mois après le renouvellement, apporte des informations différentes :

- Le questionnaire APHAB met en évidence une différence significative ($p=0,002^*$). Les subtests d'APHAB « réverbération » et « bruit de fond » s'améliorent également significativement (respectivement $p=0,02^*$ et $p=0,03^*$). Ainsi, non seulement la qualité du signal sonore est jugée meilleure, réduisant ainsi la « gêne » éventuelle lors de la communication ; mais les bruits de fond (causés par des sons environnants ou des voix concurrentes) ainsi que la sensation de réverbération sont jugés moins perturbants pour la communication. Les impressions désagréables, telles que les distorsions de certains sons et les efforts à fournir lors de la communication dans des conditions relativement simples, ne sembleraient pas significativement réduites avec le nouveau système (respectivement subtests « aversion » $p=0,13$ et « facilité de communication » $p=0,24$).

- En revanche, le questionnaire ERSA ne montre pas de différence significative ($p=0,75$). Il semblerait que la communication des patients dans différents domaines de la vie quotidienne ne soit pas modifiée par le renouvellement des processeurs vocaux.

Les résultats du questionnaire APHAB sont concordants avec l'absence d'amélioration au questionnaire ERSA. Les patients jugent avoir une meilleure qualité sonore (score total et subtests « réverbération » et « bruit de fond » au questionnaire APHAB) mais cette amélioration ne se généralise pas à une amélioration réelle de la communication, qui repose peut-être sur davantage de paramètres que la qualité sonore. Cela soulève la question d'une nécessité d'une prise en charge orthophonique accompagnant le renouvellement : en l'absence d'une amélioration de la communication alors que le signal est de meilleure qualité, une

rééducation orthophonique pourrait permettre de travailler les situations de communication afin de mettre à profit cette nouvelle perception du signal sonore.

De plus, alors que l'amélioration de la qualité du signal sonore peut être perçue immédiatement et s'apprécier de jour en jour (questionnaire APHAB), l'amélioration de la communication requiert un temps plus important pour être relevée (questionnaire ERSA). Ainsi, le délai de re-test du questionnaire ERSA dans le protocole de cette étude (trois mois) est peut-être insuffisant pour montrer une différence notable, et un re-test à 6 ou 9 mois pourrait être plus adapté.

Tout cela peut expliquer le score post-renouvellement du patient 3 au questionnaire ERSA. Ses réponses au questionnaire APHAB note une amélioration de sa communication et fait part d'une satisfaction de son nouveau processeur vocal lors de l'entretien post-renouvellement à trois mois, mais ses réponses au questionnaire ERSA ne montrent pas encore d'impacts directs dans sa vie quotidienne.

Nos résultats sont concordants avec l'étude de Mosnier & coll. (2013) [67] qui démontrent une différence significative au questionnaire APHAB dans les mêmes subtests.

A contrario, Müller-Deile et coll. [71] ne constatent pas d'amélioration notable. Cette différence peut s'expliquer par la génération du processeur vocal étudiée: leur étude, réalisée il y a cinq ans, s'intéresse au renouvellement du processeur vocal Freedom (Cochlear®). La cohorte de notre étude a, elle, majoritairement bénéficié du processeur vocal le plus récent de Cochlear® : le CP 810.

La qualité du signal, par l'analyse du questionnaire APHAB, s'améliore ; ce qui semble se répercuter dans la vie quotidienne des patients qui se disent tous satisfaits de leur nouveau processeur.

Lors de l'entretien à trois mois, les patients rapportent un certain confort auditif, et une meilleure ergonomie : la manipulation du processeur vocal est plus pratique et son port est plus confortable. Ils se disent tous satisfaits de leur nouveau processeur, et aucun ne regrette son choix du renouvellement.

➤ **Hypothèse 2 :**

L'hypothèse est partiellement validée. En effet, toutes les sous-hypothèses ne sont pas vérifiées.

⇒ Sous-hypothèse 1 :

Dans cette étude, la perception des éléments fins de la parole a été testée selon deux perspectives.

a. Tout d'abord selon une perspective subjective par le questionnaire de la qualité de la parole : les patients devaient exprimer leur ressenti quant à la qualité de la parole qu'ils perçoivent. D'après les réponses obtenues au questionnaire, il n'y a pas de différence significative avant et après le renouvellement ($p=0,22$).

Cependant, deux tendances sont apparues: d'une part, les patients révélant une qualité de perception de la parole modérée ($n=4$) considèrent qu'elle s'est améliorée de 45% en moyenne avec le nouveau processeur vocal. D'autre part, les patients qui jugeaient la parole perçue de bonne qualité ($n=9$) ont estimé après le renouvellement que cette qualité ne s'était pas améliorée, voire pour certains ($n=5$) qu'elle s'était très légèrement dégradée. Les moyennes des deux groupes se rejoignent alors. On peut supposer que ce sont des patients qui étaient déjà satisfaits de la perception de la parole avec l'ancien processeur : plus exigeants envers le nouveau, ils s'attendaient à un changement plus net. De plus, on peut supposer un effet plafond du questionnaire.

Or, lors de l'entretien à trois mois du renouvellement, les patients mentionnent tous une meilleure qualité de perception : ils rapportent qu'ils peuvent entendre désormais des sons qu'ils n'entendaient pas avec leur ancien processeur (bruit des cheveux, bruits du frottement de leurs vêtements, ou encore bruits des pages d'un livre que l'on tourne) ; tous trouvent les sons plus clairs, plus nets.

Ainsi, la question de la sensibilité du questionnaire de la qualité de la parole peut se poser.

b. Ensuite, selon une perspective plus objective avec les listes monosyllabiques de Lafon : les patients doivent répéter des mots monosyllabiques et, ici, seuls les phonèmes sont comptabilisés. Le pourcentage de phonèmes perçus dans ce test n'a augmenté que de 6% : aucune différence significative n'est retrouvée ($p=0,1$).

Cependant, l'observation des résultats par patient montre une tendance à une meilleure perception des phonèmes en général: tous les patients s'améliorent et atteignent au moins 75% de réussite. Il y a deux exceptions : le patient 6 et le patient

14. Le premier patient a une surdité congénitale avec des performances auditives limitées. Quant au patient 14, ayant des capacités de suppléances mentales très développées, il a des difficultés à ne pas y recourir.

De plus, lors de l'entretien à trois mois, les patients disent entendre mieux depuis le renouvellement (meilleure compréhension au téléphone et baisse du son de la télévision, notamment grâce aux deux micros directionnels sur le CP 810).

Nous pouvons donc supposer que les processeurs de nouvelles générations permettent une perception plus fine du monde sonore environnant. En revanche, la perception phonétique de la parole (Lafon phonèmes) ne s'est pas améliorée.

⇒ Sous-hypothèse 2 :

Dans notre étude, la compréhension de la parole a été testée dans le silence et dans le bruit.

a. En ce qui concerne l'amélioration de la compréhension de la parole dans le silence après le renouvellement, la sous-hypothèse 1 est **partiellement validée**.

En effet, les mots monosyllabiques de Lafon sont significativement mieux reconnus ($p=0,039^*$), trois quart des patients obtenant un score plus élevé après le renouvellement. Certains multiplient par trois et plus, leur performance à ce test.

En revanche, les mots dissyllabiques de Fournier ne sont pas mieux reconnus après le renouvellement du processeur vocal ($p=0,55$). En effet la reconnaissance des mots dissyllabiques n'augmente que pour 40% des patients.

Ces résultats sont concordants avec les études de l'équipe de Seebens et Diller (2012) ainsi que celle de Mosnier et coll. (2013) qui notent une amélioration significative pour les mots monosyllabiques.

Au regard des résultats de chaque patient, la patiente 9 a des performances au test des mots de Fournier qui diminuent fortement après le renouvellement. Cette patiente est implantée bilatéralement et a renouvelé ses deux processeurs vocaux simultanément. De plus, elle a changé son processeur Tempo + pour un processeur d'une génération très récente, l'Opus 2. Cela entraîne donc des modifications auditives qui conduisent à une chute de ses performances dans le silence, mais aussi dans le bruit. Pourtant, cette patiente se dit très satisfaite de ses nouveaux

processeurs vocaux lors de l'entretien post-renouvellement. Et en effet non seulement son score au questionnaire APHAB s'est nettement amélioré (il passe de 58% à 39%) mais elle peut de nouveau utiliser le téléphone.

La différence entre les résultats des deux moyennes des tests dans le silence (mots de Lafon et Fournier) peut s'expliquer par le fait que le test de Fournier est moins sensible que celui de Lafon. La suppléance mentale y intervient de façon plus importante que dans le test de Lafon. Cette dernière est fonctionnelle pour la majorité des patients de notre étude.

Par ailleurs, dans leur vie quotidienne, certains patients nous rapportent une meilleure compréhension de la parole à la télévision : ils trouvent les sons moins forts et moins agressifs. **Même si les tests orthophoniques ne montrent pas tous une évolution importante, les nouveaux processeurs apportent un bénéfice pour l'utilisation d'outils utilisés au quotidien.**

b. La compréhension de la parole dans le bruit pour les mots et les phrases ne s'est pas améliorée par le renouvellement dans cette étude, aussi bien avec un rapport signal/bruit (SNR) de 10dB qu'avec un de 5dB ($p > 0,05$ pour toutes les conditions). Un patient sur treize améliore nettement ses performances : de 6% de compréhension de phrases dans le bruit (SNR=5dB), il comprend aujourd'hui 73% des phrases. Trois autres patients améliorent également leurs performances à ce test.

En ce qui concerne la compréhension de la parole dans le bruit, la sous-hypothèse 1 n'est pas validée.

Nos résultats sont en contradiction avec ceux des différentes études portant sur le renouvellement du processeur vocal. Ainsi, l'étude de Truy et coll. (2007), Riss et coll. (2009), Müller-Deile et coll. (2012) et Mosnier et coll. (2013) trouvent tous une amélioration de la compréhension dans le bruit. Cette différence pourrait être liée à deux causes :

- Certaines études (Müller-Diele et coll.) ont procédé à un changement de stratégie de codage lors du renouvellement. Dans notre étude, aucun patient n'a changé sa stratégie de codage, alors que cela aurait pu améliorer leur compréhension en milieu bruyant.

- D'autres études (Mosnier et coll.) ont, dans leur protocole, imposé d'utiliser le programme « bruit » de leur processeur. Ceci a pu améliorer leurs scores aux épreuves dans le bruit. Nous avons conseillé aux patients d'utiliser leur programme habituel. Aucun patient de notre cohorte n'a voulu changer son programme « quotidien » pour le programme « bruit » au moment du test.

Nous pouvons noter que la moyenne au test de compréhension des phrases dans le bruit avec un rapport signal/bruit de 5dB augmente alors que celle à 10dB reste stable. Cela montre que les nouveaux processeurs vocaux semblent permettre une perception plus fine de la parole dans le bruit, quand celui-ci est fort, chez certains patients, notamment en raison de la présence de micros directionnels.

Dans l'analyse comparative des deux groupes de patients ayant des processeurs vocaux de générations différentes, nous pouvons observer que les patients qui avaient un processeur vocal ancien avant le renouvellement (n=4) sont ceux qui s'améliorent le plus aux tests dans le bruit, notamment lorsque le bruit est fort (SNR=5dB). Cela se vérifie en observant les résultats du patient 11 qui améliore fortement ses performances dans le bruit après le changement de son processeur Digisonic pour un Saphyr.

En revanche, deux des quatre patients (3 et 9) ayant un processeur d'une ancienne génération ont des performances pour la compréhension des phrases dans le bruit qui diminuent dans les deux conditions (SNR=5 dB et SNR=10dB). Ce sont les deux seuls patients de notre cohorte qui ont des scores qui diminuent dans les deux tests.

Si l'on observe les résultats des patients 3 et 9 aux autres tests du protocole, nous pouvons constater que ces deux patients ont de meilleures performances pour la compréhension de mots monosyllabiques de Lafon depuis le renouvellement de leur processeur. Ils disent mieux percevoir la parole et ont un score total au questionnaire APHAB qui diminue, ce qui prouve que la qualité du signal sonore s'améliore.

Cela pose la question d'une rééducation orthophonique après le renouvellement du processeur vocal, qui permettrait de prendre en charge les patients présentant une baisse de leurs performances dans les situations complexes. Le renouvellement d'un processeur ancien pour un processeur plus récent semble avoir modifié leur perception auditive et entraîne une modification des repères pour le traitement de la parole dans le bruit.

Le patient 10 a vu ses performances dans le bruit diminuer fortement, (notamment dans la condition SNR=10dB). Son implant gauche a été renouvelé le même jour que l'activation de son implant droit. Il a suivi une rééducation orthophonique afin d'entraîner son audition du côté nouvellement implanté. Ainsi, il a beaucoup travaillé son nouvel implant cochléaire et aucunement le nouveau processeur. On constate que ses performances dans le bruit se sont dégradées: à trois mois de l'activation de son nouvel implant, celui-ci n'a pas encore fini d'évoluer, et son nouveau processeur vocal, non entraîné, n'a pas pu suppléer au nouvel implant cochléaire.

Le renouvellement du processeur vocal améliore la compréhension de la parole dans le silence. Même s'il ne permet pas significativement d'améliorer la compréhension de la parole dans le bruit trois mois après le renouvellement, cela permet à certains patients de bénéficier d'une amélioration de leurs performances.

⇒ Sous-hypothèse 3 :

Concernant l'utilisation du téléphone, **nous validons notre sous-hypothèse**. Nous constatons que ce mode de communication est facilité significativement par le renouvellement ($p=0,025$). La majorité des patients expriment avoir une communication plus aisée au téléphone : ils comprennent mieux leurs interlocuteurs, et le son semble plus « fin ». Plus de 75% des patients se disent « plus à l'aise au téléphone ». Nos résultats sont concordants avec ceux de Castro Lassaleta (2006) qui montrent une perception au téléphone meilleure après le renouvellement du processeur vocal.

Nous constatons que les patients qui avaient auparavant une bonne utilisation du téléphone progressent peu, la marge de progression étant moins grande. En revanche, ceux qui avaient plus de difficultés sont ceux qui progressent le plus (cf. figure 17).

Le renouvellement facilite la communication au téléphone, notamment pour les personnes qui ont le plus de difficulté avec ce média.

⇒ Sous-hypothèse 4 :

Notre sous-hypothèse 4 n'est pas validée. Le renouvellement n'apporte pas de bénéfice réel sur l'écoute de la musique. En effet, les patients ne semblent pas changer leurs habitudes d'écoute, et les qualités du son telles que la clarté, le naturel, la sonorité, le caractère métallique ou encore la sensation d'agrément semblent avoir peu évoluées entre l'ancien et le nouveau processeur vocal.

En revanche, dans l'étude de Looï (2010), les patients considèrent la musique comme moins « cinglante » et « brutale » après le renouvellement de leur processeur vocal, avec un changement de stratégie de codage. Cette dernière composante marque la différence avec notre étude.

Le temps d'écoute de la musique n'augmente que pour un patient, il a tendance à baisser pour trois autres patients sur les huit évalués. Lors de l'entretien à trois mois, la majorité de nos patients relate un certain confort musical. Mais d'une part la qualité sonore n'évolue pas avec le changement de processeur vocal, et d'autre part les mélodies restent toujours difficilement perçues, les patients ont donc tendance à réduire leur temps d'écoute.

Notons tout de même que certains patients distinguent mieux quelques instruments de musique comme le piano ou encore la guitare, même si les mélodies de ces instruments restent difficiles à percevoir.

Dans cette étude, le renouvellement du processeur externe apporte une amélioration objective de la qualité d'écoute (subtests du questionnaire APHAB, questionnaire qualité de la parole) et de la perception d'éléments fins de la parole (pour les mots monosyllabiques mais pas pour les phonèmes), ce qui peut également avoir un effet positif sur l'utilisation du téléphone et de la télévision. Cependant, l'intégration de ces nouvelles informations auditives en situation d'écoute complexe (environnement bruyant ou musique) semble ne pas se faire de façon intuitive et pourrait peut-être bénéficier d'une prise en charge orthophonique de courte durée.

Il semblerait que ce soit les patients ayant les résultats limités à intermédiaires qui tirent le plus grand bénéfice du renouvellement. On peut s'interroger sur la sensibilité des outils d'évaluations qui montrent un effet plafond chez les plus performants.

Par ailleurs, on note plusieurs discordances entre les tests orthophoniques et les questionnaires d'auto-évaluation d'une part, et l'entretien post-renouvellement informel d'autre part. Tous les patients sont satisfaits de leur nouveau processeur, ils disent pour la majorité que l'écoute est plus fine, plus précise et plus agréable ; et qu'ils comprennent mieux la parole. Bien que la satisfaction soit difficilement mesurable et quantifiable car hautement subjective, la majorité des tests orthophoniques ne montrent pas d'amélioration notable. On peut se demander si les tests orthophoniques sont suffisamment écologiques.

➤ **Hypothèse 3 :**

L'hypothèse est validée sur la description d'un cas clinique.

Les séances réalisées à domicile par le patient 6 lui ont été bénéfiques, et cela en peu de temps : en six semaines et sur la base d'un rythme soutenu, le patient 6 considère qu'il a progressé.

A la fin de la période d'entraînement, le patient 6 rapporte que l'analyse du rythme et de l'intensité, même sur une courte mélodie inconnue, a été facile. Les difficultés qu'il a rencontrées dans les exercices sont les analyses de la hauteur (notamment les hautes fréquences) ainsi que la reconnaissance des instruments. Elles lui ont demandé un travail et une concentration plus soutenus. Aujourd'hui, le patient 6 juge s'être amélioré sur ces deux points. Il pense être capable de reconnaître sans difficulté les instruments travaillés, et dire si une note est grave ou aiguë. En revanche il trouve encore la discrimination des hautes fréquences difficile.

Ainsi, le patient 6 a bénéficié d'une amélioration des capacités de perception des différentes composantes de la musique (telles que le rythme, la fréquence et le timbre) et de l'écoute musicale en général (reconnaissance d'instruments de musique et de mélodies connues par exemple). L'entraînement lui a par ailleurs redonné l'envie d'écouter de la musique. Il exprime une demande spécifique quant à une rééducation orthophonique musicale.

On peut donc conclure qu'un entraînement spécifique et de courte durée après le renouvellement du processeur vocal peut être efficace.

Par ailleurs, cette prise en charge orthophonique peut s'avérer essentielle pour un bon suivi des patients et s'assurer qu'ils ne rencontrent pas de difficultés particulières

avec leur nouveau processeur vocal. En effet, en plus de se familiariser seul avec le nouveau matériel, ils doivent s'adapter à leur nouvelle audition et aux nouvelles informations auditives perçues.

La patiente 13, exclue de l'analyse statistique, est une jeune femme de 25 ans, qui a été implantée à l'âge de 5 ans. Le renouvellement de son processeur vocal lui a été proposé. Ayant une partie interne de l'implant cochléaire ancienne, elle a dû accepter à contre-cœur le processeur Freedom, Cochlear ne proposant pas la version adaptée du CP 810 à sa partie interne. Le passage de l'ancien au nouveau processeur est marqué par des changements importants. En effet, elle nous a rapporté percevoir des sons trop forts, de nouveaux bruits jamais perçus (bruits de cheveux, bruit de sa main sur ses vêtements), les voix familières lui paraissent différentes. Elle supporte difficilement ces nouveaux sons, notamment lors de ses cours. Cette jeune femme a été implantée dans l'enfance, elle s'est donc construite sa propre perception auditive via l'implant cochléaire, elle tolère donc moins bien toutes modifications. Elle trouve également son nouveau processeur plus imposant que l'ancien : à la fois plus lourd sur le pavillon de l'oreille et moins esthétique. La patiente n'a donc porté son processeur que deux jours et demi avant de remettre l'ancien processeur. Une prise en charge orthophonique aurait été dans son cas nécessaire afin de l'aider à appréhender son nouveau processeur et les changements qui l'accompagnent. Cela lui a été proposé lors du rendez-vous post-renouvellement.

2. Pistes rééducatives

Plus qu'une prise en charge globale, un entraînement spécifique est souhaitable.

Aucun de nos patients n'a ressenti la nécessité de reprendre une rééducation orthophonique car leur perception, bien que de meilleure qualité selon eux, reste de même nature (une stimulation électrique). Il n'y a donc pas besoin de travailler à nouveau la perception auditive. En revanche, malgré une amélioration de la qualité sonore et de certains indices perceptifs fins, les tests orthophoniques ne mettent pas en évidence un progrès significatif quant à la compréhension de la parole et les difficultés restent les mêmes : désagrément à l'écoute de la musique et difficultés de

compréhension dans le bruit et au téléphone. La prise en charge orthophonique doit être spécifique et répondre – comme dans toute prise en charge – à une demande du patient pour surmonter une difficulté particulière. Le renouvellement doit être aussi pour les patients l'occasion d'envisager à nouveau la rééducation pour perfectionner leur communication.

Il paraît pertinent d'interroger le patient lors du renouvellement du processeur vocal sur ses attentes pour pouvoir adapter la rééducation.

Ainsi, concernant la parole dans le bruit, notre étude n'a vu aucun de nos patients utiliser le programme « bruit » de leur processeur. Il apparaît néanmoins que ce programme donne une meilleure compréhension dans un environnement bruyant [67]. Dans ce cas, une prise en charge orthophonique pourrait être bénéfique. Celle-ci pourrait être axée sur la manipulation du nouveau matériel : passer du programme « quotidien » au programme « bruit » en entraînant à prendre des repères auditifs dans chacun des deux.

Cette rééducation ne nécessite pas une prise en charge de longue durée.

En effet, un entraînement intensif sur un court laps de temps est efficace et se maintient dans le temps. Dans notre étude, le patient 6 a amélioré sa perception de la musique après six semaines d'entraînement spécifique. L'étude de Burk et Humes (2008) [9] a montré qu'un entraînement à la perception de la parole dans le bruit améliore cette perception au bout de douze semaines, avec des effets stables dans le temps. L'étude de Herzog et coll. (2008) [44] a révélé que tous les patients qui ont bénéficié de trois séances d'entraînement spécifique au téléphone après l'implantation utilisent désormais le téléphone.

Cette prise en charge orthophonique post renouvellement devrait être systématique.

Les difficultés du patient 13 sont révélatrices d'une nécessité de prendre en charge les patients récemment renouvelés. Un accompagnement durant les premiers temps du renouvellement du processeur vocal permettrait de répondre à des questionnements et des difficultés.

De plus, les patients implantés avec des processeurs vocaux anciens, connaissent un certain nombre de changements avec le renouvellement. Ainsi, dans notre étude, certains patients passant d'un ESPrit 3G à un CP810 ont vu leur performance pour la compréhension de la parole dans le bruit diminuer. Concernant les patients les plus âgés (patients 3, 12, 14), ils ont vu leur repères auditifs se modifier par le renouvellement du processeur vocal. La prise en charge orthophonique devient donc nécessaire afin qu'ils retrouvent, voire améliorent leur communication, aujourd'hui déstabilisée par le renouvellement du processeur vocal.

D'autre part, on dénote une dichotomie entre le ressenti des patients et leurs performances objectives. Les différences significatives aux tests de Lafon et au questionnaire d'APHAB montrent que leur audition s'affine (davantage d'informations perçues) mais qu'ils n'arrivent pas à intégrer cette nouvelle perception dans des situations d'écoute complexes de la vie quotidienne (notamment dans le bruit). Une prise en charge systématique permettrait alors d'optimiser les nouvelles capacités de traitement du signal, et d'intégrer les nouvelles informations perçues à la compréhension de la parole dans des situations quotidiennes.

Lors de notre étude, nous avons pu nous rendre compte du peu de motivation de beaucoup de patients à reprendre une prise en charge orthophonique. Cette dernière pourrait donc prendre la forme d'un contrat avec le patient : le renouvellement du processeur vocal nécessite une prise en charge, mais celle-ci est spécifique et de courte durée.

Un entraînement spécifique à la perception musicale a été élaboré dans le cadre de notre étude de cas. Les six séances, sous forme de Powerpoint, sont gravées sur le CD-Rom, joint à ce mémoire. Cet entraînement est spécifique au niveau de la perception musicale et à la demande du patient 6. Il constitue un exemple de progression d'exercices, adaptable à tout entraînement spécifique. L'entraînement à l'écoute de la musique avec un implant cochléaire doit se faire à la fois par un travail analytique et par un travail global. Ces deux aspects sont complémentaires. En effet, par l'analytique, sont travaillés les paramètres acoustiques : notamment la discrimination et la reconnaissance de la hauteur, de l'intensité et de la durée. Ce travail analytique constitue une base pour le travail global. Celui-ci fait davantage appel à la mémoire par la discrimination et la reconnaissance de mélodies et d'instruments.

3. Critiques de l'étude

a. Limites intrinsèques

Cette étude préliminaire a pour objectif d'être la plus générale possible et ainsi d'inclure les impressions des patients aux tests plus objectifs. Nous avons choisi de recueillir ces informations sous forme de questionnaire pour évaluer la qualité de vie des patients : ERSA et APHAB et pour chacun des domaines explorés : la qualité de la perception, l'utilisation du téléphone et l'écoute de la musique (la tolérance au bruit étant pris en compte dans APHAB). Les patients ont donc dû répondre à cinq questionnaires différents, le temps moyen pour les remplir est de 45 minutes ce qui est long et fatigant. Par ailleurs, certains patients ont rencontré des difficultés pour les compléter à cause de certains mots ou tournures de phrases ; notamment pour celui sur l'évaluation de la qualité de la parole : le terme « d'élocution » n'a pas été bien compris et a entraîné quelques ambiguïtés dans les réponses.

Par ailleurs, nous n'avons pas eu à notre disposition de test évaluant la perception de la musique : ce domaine n'a donc pu être analysé qu'avec le seul questionnaire et traité de manière qualitative et non quantitative.

Nous aurions souhaité pouvoir tester la compréhension de nos patients au téléphone. Il n'était pas possible de le faire de manière écologique lors de leur rendez-vous à l'hôpital. D'une part certains patients utilisent des accessoires pour téléphoner (boucle magnétique, haut parleur) ou ne téléphonent qu'avec leur téléphone fixe spécial pour malentendants. Et d'autre part, un problème logistique se posait au niveau du nombre de bureaux disponibles afin d'être dans un environnement calme. Nous avons donc choisi de ne pas retenir cette épreuve.

Les tests perceptifs régis par le logiciel AŞE ont été perçus comme difficiles par la majorité des patients. On ne peut donc pas exclure la possibilité qu'il y ait un certain nombre de réponses au hasard, ce qui pourrait constituer un biais dans les résultats. Cela pourrait également induire la non-validation de ces tests. Néanmoins, nous avons rencontré un autre problème annihilant ce souci de non-validation : la licence du logiciel AŞE a expiré pendant nos passations, empêchant les re-tests à trois mois de la plupart de nos patients. Seuls trois patients ont pu être testés trois mois après leur renouvellement, ce qui ne peut pas constituer une analyse fiable.

b. Limites extrinsèques

L'hôpital Beaujon à Clichy a déménagé au sein de groupe hospitalier de la Pitié-Salpêtrière à Paris. Du fait de ce déménagement, certains tests à trois mois n'ont pas été administrés dans les mêmes conditions que les précédents : la salle étant différente avec du matériel nouveau, cela modifie le signal sonore pour les voix enregistrées.

L'hétérogénéité en termes de modèles de processeurs constitue un biais à notre étude. Certains avaient avant le renouvellement des processeurs d'ancienne génération (ESprit 3G et Tempo+) et d'autres des modèles plus récents (Digisonic BTE et Freedom). Les changements ont donc été différents, selon la génération des processeurs vocaux.

CONCLUSION

A travers cette étude, nous avons voulu mettre en évidence les bénéfices éventuels qu'apporte le renouvellement du processeur vocal chez un patient implanté depuis plus de cinq ans.

Les quatorze patients participant à notre étude nous ont, dans l'ensemble, fait part d'une réelle satisfaction de leur nouveau processeur vocal par rapport à l'ancien. En effet, ils nous ont rapporté le sentiment d'amélioration d'un point de vue ergonomique mais également au niveau de la qualité du son (plus doux, plus fin).

Il est apparu que leur nouveau processeur vocal externe améliore la qualité du signal sonore, ce qui conduit à une diminution de la « gêne » lors de situations de communication. La compréhension de la parole dans le silence semble s'affiner et l'utilisation du téléphone paraît plus facile. Seules la musique et la compréhension de la parole dans le bruit ne semblent pas s'améliorer de façon significative.

Mais à la vue de certaines difficultés rencontrées par des patients, notamment dans le bruit, et par l'absence de répercussion en vie quotidienne de l'amélioration du signal sonore, nous nous sommes interrogées sur la nécessité de proposer une prise en charge orthophonique. Celle-ci devrait être systématique et de courte durée, afin de permettre aux patients d'appréhender leur nouvel appareil, les changements qui en découlent et d'intégrer les nouvelles informations auditives dans des situations d'écoute complexes.

L'unique patient qui a accepté de réaliser un entraînement spécifique, de courte durée, sur l'écoute de la musique, semble avoir progressé, et prend plus de plaisir à en écouter.

Il serait intéressant de poursuivre notre étude de cas en proposant à davantage de patients un entraînement spécifique et de courte durée, pendant les quelques semaines qui suivent le renouvellement du processeur vocal. Celui-ci pourrait être axé sur l'écoute de la musique, ou la compréhension de la parole dans le bruit, qui l'un comme l'autre ne semblent pas s'améliorer d'eux-mêmes.

BIBLIOGRAPHIE

Articles et ouvrages:

- [1] Agrawal, D., Timm, L., Viola, F. C., Debener, S., Büchner, A., Dengler, R., Wittfoth, M. (2012). ERP evidence for the recognition of emotional prosody through simulated cochlear implant strategies. *BMC neuroscience*, 13, 113.
- [2] Ambert-Dahan, E., Lebretonchel, M., Laouenan, C., Borel, S., Smadja, M., De Bergh, M. Ferrary, E. (2012). Validation du questionnaire de qualité de vie ERSA (Evaluation du Retentissement de la Surdité chez l'Adulte). Communication orale pour le Congrès de la Société Française d'ORL, Paris, 13-14 octobre.
- [3] Anderson, I., Baumgartner, W.-D., B heim, K., Nahler, A., Arnoldner, C., Arnoldner, C., D'Haese, P. (2006). Telephone use: what benefit do cochlear implant users receive? *International journal of audiology*, 45(8), 446–453.
- [4] Artières, F., Geffriaud, G., Gresillon, N., Mondain, M., Piron, J.-P., Romdhane, S., Sicard, M. (2002). La surdité de la prothèse à l'implant. *La monographie n 33 du CCA groupe*, 13 p.
- [5] Bouccara, D., Mosnier, I., Bernardeschi, D., Ferrary, E., Sterkers, O. (2012). Cochlear implant in adults. *La Revue de médecine interne*, 33(3), 143–149.
- [6] Bouccara, D., Mosnier, I., Ferrary, E., Sterkers, O. (2005). Mise au point Réhabilitation auditive: les possibilités actuelles. *NPG*, 5(30), 28–33.
- [7] Bourguet, C. (2006). *Implant cochléaire et musique:  tude de l'impact d'un entraînement musical sur l'appréciation de la musique chez l'adulte devenu sourd implanté:  tudes de cas*. Mémoire pour le Certificat de Capacité d'Orthophonie, Bordeaux, 100 p.
- [8] Bregman, A. S., Liao, C., Levitan, R. (1990). Auditory grouping based on fundamental frequency and formant peak frequency. *Canadian journal of psychology*, 44(3), 400–413.
- [9] Burk, M. H., Humes, L. E. (2008). Effects of long-term training on aided speech-recognition performance in noise in older adults. *Journal of speech, language, and hearing research: JSLHR*, 51(3), 759–771.
- [10] Calando S. (2004). *Evaluer et améliorer la perception musicale chez l'adulte implanté cochléaire: observations et pistes r educatives*. Mémoire pour le Certificat de Capacité d'Orthophonie, Paris, 97 p.
- [11] Callies, A., De Bergh, M., (2009). *La communication téléphonique chez les adultes devenus sourds et implantés cochléaires*. Mémoire pour le Certificat de Capacité d'Orthophonie, Paris, 96 p.

- [12] Castro, A., Lassaletta, L., Bastarrica, M., Prim, M. P., De Sarriá, M. J., Gavilán, J. (2006). Comparison of different mobile telephones in Combi40+ users. *Acta oto-laryngologica*, 126(7), 714–717.
- [13] Chang, J. E., Bai, J. Y., Zeng, F.-G. (2006). Unintelligible low-frequency sound enhances simulated cochlear-implant speech recognition in noise. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 53(12 Pt 2), 2598–2601.
- [14] Chatterjee, M., Peng, S.-C. (2008). Processing F0 with cochlear implants: Modulation frequency discrimination and speech intonation recognition. *Hearing research*, 235(1-2), 143–156.
- [15] Chen, F., Zhang, Y.-T. (2008). A novel temporal fine structure-based speech synthesis model for cochlear implant. *Signal Processing*, 88(11), 2693–2699.
- [16] Chen, Y., Xu, Y. (2006). Production of weak elements in speech -- evidence from F(0) patterns of neutral tone in Standard Chinese. *Phonetica*, 63(1), 47–75.
- [17] Ching, Teresa Y.C., Van Wanrooy, E., Dillon, H. (2007). Binaural-bimodal fitting or bilateral implantation for managing severe to profound deafness: a review. *Trends in amplification*, 11(3), 161–192.
- [18] Ching, Teresa Y.C., Incerti, P., Hill, M. (2004). Binaural benefits for adults who use hearing aids and cochlear implants in opposite ears. *Ear and hearing*, 25(1), 9–21.
- [19] Chouard, C.-H. (2010). Histoire de l'implant cochléaire. *Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*, 127(6), 288–296.
- [20] Corbin, J. (2010). *Tests phonétiques pouvant être instrumentalisés dans le processus global de l'audibilité dans le bruit*. Mémoire de l'université Henri Point Carré pour le diplôme d'état d'Audioprothésiste, Nancy, 82 p.
- [21] Cox, R. M., Alexander, G. C. (1995). The abbreviated profile of hearing aid benefit. *Ear and hearing*, 16(2), 176–186.
- [22] Cray, J. W., Allen, R. L., Stuart, A., Hudson, S., Layman, E., Givens, G. D. (2004). An investigation of telephone use among cochlear implant recipients. *American journal of audiology*, 13(2), 200–212.
- [23] Cullington, H. E., Zeng, F.-G. (2010). Bimodal hearing benefit for speech recognition with competing voice in cochlear implant subject with normal hearing in contralateral ear. *Ear and hearing*, 31(1), 70–73.
- [24] Das, S., Buchman, C. A. (2005). Bilateral cochlear implantation: current concepts. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 13(5), 290–293.
- [25] Dauman, R., & Carbonnière, B. (1998). Implants cochléaires chez l'adulte et l'enfant. *Encyclopédie médico-chirurgicale*, 12p.

- [26] Davidson, L. S., Geers, A. E., Brenner, C. (2010). Cochlear implant characteristics and speech perception skills of adolescents with long-term device use. *Otology & neurotology*, 31(8), 1310-1314.
- [27] De Sonnevile, L. M. J., Verschoor, C. A., Njikiktijen, C., Op het Veld, V., Toorenaar, N., Vranken, M. (2002). Facial identity and facial emotions: speed, accuracy, and processing strategies in children and adults. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 24(2), 200–213.
- [28] Dorman, M. F., Gifford, R. H., Spahr, A. J., McKarns, S. A. (2008). The benefits of combining acoustic and electric stimulation for the recognition of speech, voice and melodies. *Audiology & neuro-otology*, 13(2), 105–112.
- [29] Drennan, W. R., Rubinstein, J. T. (2008). Music perception in cochlear implant users and its relationship with psychophysical capabilities. *Journal of rehabilitation research and development*, 45(5), 779–789.
- [30] Drullman, R. (1995). Temporal envelope and fine structure cues for speech intelligibility. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(1), 585.
- [31] Dumont, A. (1997). *Implantations cochléaires: guide pratique d'évaluation et de rééducation*. Paris: Ortho. Edition, 138 p.
- [32] Faulkner, A., Rosen, S., Green, T. (2012). Comparing live to recorded speech in training the perception of spectrally shifted noise-vocoded speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132(4), 336–342.
- [33] Fu, Q.-J., Shannon, R. V. (2002). Frequency mapping in cochlear implants. *Ear and hearing*, 23(4), 339–348.
- [34] Fu, Q.-J., Shannon, R. V., Galvin, J. J. (2002). Perceptual learning following changes in the frequency-to-electrode assignment with the Nucleus-22 cochlear implant. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 112(4), 1664.
- [35] Galvin, J. J. 3rd, Fu, Q.-J., Nogaki, G. (2007). Melodic contour identification by cochlear implant listeners. *Ear and hearing*, 28(3), 302–319.
- [36] Galvin, J. J., Fu, Q.-J., Shannon, R. V. (2009). Melodic contour identification and music perception by cochlear implant users. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 518–533.
- [37] Geurts, L., Wouters, J. (2001). Coding of the fundamental frequency in continuous interleaved sampling processors for cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(2), 713–726.
- [38] Giraud, A L, Price, C. J., Graham, J. M., Truy, E., Frackowiak, R. S. (2001). Cross-modal plasticity underpins language recovery after cochlear implantation. *Neuron*, 30(3), 657–663.

- [39] Giraud, Anne Lise, Truy, E. (2002). The contribution of visual areas to speech comprehension: a PET study in cochlear implants patients and normal-hearing subjects. *Neuropsychologia*, 40(9), 1562–1569.
- [40] Grataloup, C. (2007). La reconstruction cognitive de la parole dégradée: étude de l'intelligibilité comme indice d'une capacité cognitive humaine. Thèse de l'université Lumière Lyon 2 & Université Claude Bernard Lyon 1, 248 p.
- [41] Gray, C., Hosie, J., Russell, P., Scott, C., Hunter, N. (2007). Attribution of Emotions to Story Characters by Severely and Profoundly Deaf Children. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 19(2), 145–159.
- [42] Green, T., Faulkner, A., Rosen, S. (2004). Enhancing temporal cues to voice pitch in continuous interleaved sampling cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(4), 2298.
- [43] Green, T., Katiri, S., Faulkner, A., Rosen, S. (2007). Talker intelligibility differences in cochlear implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121(6), 223–229.
- [44] Herzog, J., Rehwinkel, K. (2008). Telephone use in a group of nucleus cochlear implant recipients. *Clinical articles CochlearTM 2*, 52–54.
- [45] Hopyan-Misakyan, T. M., Gordon, K. A., Dennis, M., Papsin, B. C. (2009). Recognition of affective speech prosody and facial affect in deaf children with unilateral right cochlear implants. *Child neuropsychology: a journal on normal and abnormal development in childhood and adolescence*, 15(2), 136–146.
- [46] Hu, Y., Loizou, P. C. (2008). A new sound coding strategy for suppressing noise in cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(1), 498–509.
- [47] Iddir, C., Mambert, S. (2009). *Localisation spatiale et perception dans le bruit : effet d'un entraînement sur des adultes implantés cochléaires*. Mémoire pour le Certificat de Capacité d'Orthophonie, Paris, 99 p.
- [48] Ingvalson, E. M., Lee, B., Fiebig, P., Wong, P. C. M. (2013). The Effects of Short-Term Computerized Speech-in-Noise Training on Postlingually Deafened Adult Cochlear Implant Recipients. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, 56(1), 81–88.
- [49] Kepler, L. J., Terry, M., Sweetman, R. H. (1992). Telephone usage in the hearing-impaired population. *Ear and hearing*, 13(5), 311-319.
- [50] Kerber, S., Seeber, B. U. (2012). Sound localization in noise by normal-hearing listeners and cochlear implant users. *Ear and hearing*, 33(4), 445–457.
- [51] Krahe Lopez, J. (2007). *Surdité et langage Prothèses, LPC et implants cochléaires*. Vincennes: Presses Universitaires de Vincennes, 200 p.

- [52] Lebretonchel, M. (2010). *Validation du questionnaire: évaluation du retentissement de la surdité chez l'adulte*. Mémoire pour le Certificat de Capacité d'Orthophonie, Paris, 72 p.
- [53] Limb, C. J., Rubinstein, J. T. (2012). Current research on music perception in cochlear implant users. *Otolaryngologic clinics of North America*, 45(1), 129–140.
- [54] Looi, V., She, J. (2010). Music perception of cochlear implant users: a questionnaire, and its implications for a music training program. *International journal of audiology*, 49(2), 116–128.
- [55] Looi, V., Winter, P., Anderson, I., Sucher, C. (2011). A music quality rating test battery for cochlear implant users to compare the FSP and HDCIS strategies for music appreciation. *International journal of audiology*, 50(8), 503–518.
- [56] Lorens, A., Zgoda, M., Obrycka, A., Skarzynski, H. (2010). Fine Structure Processing improves speech perception as well as objective and subjective benefits in pediatric MED-EL COMBI 40+ users. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 74(12), 1372–1378.
- [57] Lorenzi, C., Gilbert, G., Carn, H., Garnier, S., Moore, B. C. J. (2006). Speech perception problems of the hearing impaired reflect inability to use temporal fine structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(49), 18866–18869.
- [58] Luo, X., Padilla, M., Landsberger, D. M. (2012). Pitch contour identification with combined place and temporal cues using cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(2), 1325–1336.
- [59] Magnusson, L. (2011). Comparison of the fine structure processing (FSP) strategy and the CIS strategy used in the MED-EL cochlear implant system: speech intelligibility and music sound quality. *International journal of audiology*, 50(4), 279–287.
- [60] Manrique, M., Huarte, A., Morera, C., Caballé, L., Ramos, A., Castillo, C., García-Ibáñez, L., (2005). Speech perception with the ACE and the SPEAK speech coding strategies for children implanted with the Nucleus cochlear implant. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 69(12), 1667–1674.
- [61] Marx, M., Roby, B., Fraysse, B., Peretz, I., Cousineau, M., Barone, P., Deguine, O. (2012). Perception de la musique par le patient implanté cochléaire . Intérêts de l'audition résiduelle. *Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*, 129(4), A81-A82.
- [62] McDermott, H. J. (2004). Music perception with cochlear implants: a review. *Trends in amplification*, 8(2), 49–82.

- [63] Meister, H., Landwehr, M., Pyschny, V., Walger, M., Von Wedel, H. (2009). The perception of prosody and speaker gender in normal-hearing listeners and cochlear implant recipients. *International journal of audiology*, 48(1), 38–48.
- [64] Melo, T. M. De, & Costa, O. A. (2012). Speech perception in cochlear implant users with the HiRes 120 strategy: a systematic review., 78(3), 129–133.
- [65] Migirov, L., Kronenberg, J., Henkin, Y. (2009). Self-reported listening habits and enjoyment of music among adult cochlear implant recipients. *The Annals of otology, rhinology, and laryngology*, 118(5), 350–355.
- [66] Mosnier, I., Ambert-Dahan, E., Smadja, M., Ferrary, E., Bouccara, D., Bozorg-Grayeli, a., Sterkers, O. (2006). Performances et complications de l'implant cochléaire chez 134 patients adultes implantés depuis 1990. *Annales d'Otolaryngologie et de Chirurgie Cervico-faciale*, 123(2), 71–78.
- [67] Mosnier, Isabelle, Marx, M., Venail, F., Loundon, N., Roux-Vaillard, S., Sterkers, O. (2013). Benefits from upgrade to the CP810™ sound processor for Nucleus® 24 cochlear implant recipients. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 405.
- [68] Most, T., Aviner, C. (2009). Auditory, visual, and auditory-visual perception of emotions by individuals with cochlear implants, hearing AIDS, and normal hearing. *Journal of deaf studies and deaf education*, 14(4), 449–464.
- [69] Most, T., Peled, M. (2007). Perception of suprasegmental features of speech by children with cochlear implants and children with hearing AIDS. *Journal of deaf studies and deaf education*, 12(3), 350–361.
- [70] Müller-Deile, J., Brill, S., Hagen, R., Moeltner, A., Brockmeier, S.-J., Stark, T., Helbig, S., et al. (2012). Clinical trial results with the MED-EL fine structure processing coding strategy in experienced cochlear implant users. *ORL: Journal for oto-rhino-laryngology and its related specialties*, 74(4), 185–198.
- [71] Müller-Deile, J., Kortmann, T., Hoppe, U., Hessel, H., Morsnowski, A. (2009). Improving speech comprehension using a new cochlear implant speech processor. *Hno*, 57(6), 567–574.
- [72] Nakata, T., Trehub, S. E., Kanda, Y. (2012). Effect of cochlear implants on children's perception and production of speech prosody. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(2), 1307–1314.
- [73] Nourdin, V. (2010). *Les évaluations des adultes devenus sourds porteurs d'un implant cochléaire*. Mémoire pour le Certificat de Capacité d'Orthophonie de l'UHP-Université Henri Poincaré, Nancy , 94 p.
- [74] Peng, S.-C., Chatterjee, M., Lu, N. (2012). Acoustic cue integration in speech intonation recognition with cochlear implants. *Trends in amplification*, 16(2), 67–82.

- [75] Pfingst, B. E., Burkholder-Juhasz, R. A., Xu, L., Thompson, C. S. (2008). Across-site patterns of modulation detection in listeners with cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(2), 1054–1062.
- [76] Richardson, L. M., Busby, P. A., Blamey, P. J., Clark, G. M. (1998). Studies of prosody perception by cochlear implant patients. *Audiology: official organ of the International Society of Audiology*, 37(4), 231–245.
- [77] Riss, D., Arnoldner, C., Reiss, S., Baumgartner, W.-D., Hamzavi, J.-S. (2009). 1-year results using the Opus speech processor with the fine structure speech coding strategy. *Acta oto-laryngologica*, 129(9), 988–991.
- [78] Roux, G. (2001). *Synthèse et réalisation d'études cliniques sur l'implant cochléaire*. Mémoire de l'Université de Rennes 1 pour le diplôme d'Etat d'audioprothésiste, 83 p.
- [79] Rubinstein, J. T. (2004). How cochlear implants encode speech. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 12(5), 444–448.
- [80] 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), 871–880.
- [81] Schauwers, K., Coene, M., Heeren, W., Del Bo, L., Pascu, A., Govaerts, P. (2011). Pitch perception in cochlear implanted and classical hearing aid users. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 75(2011), 52.
- [82] Seebens, Y., Diller, G. (2012). Improvements in speech perception after the upgrade from the TEMPO+ to the OPUS 2 audio processor. *ORL: Journal for oto-rhino-laryngology and its related specialties*, 74(1), 6–11.
- [83] Shafiro, V., Sheft, S., Gygi, B., Ho, K. T. N. (2012). The influence of environmental sound training on the perception of spectrally degraded speech and environmental sounds. *Trends in amplification*, 16(2), 83–101.
- [84] Singh, S., Kong, Y.-Y., Zeng, F.-G. (2009). Cochlear implant melody recognition as a function of melody frequency range, harmonicity, and number of electrodes. *Ear and hearing*, 30(2), 160–168.
- [85] Sterkers, O., Meyer, B., Frachet, B., Grayeli, A. B., Mosnier, I., Lazard, D. S., Pierre, U., et al. (2010). Réhabilitation de la surdité profonde par l'implant cochléaire uni- ou bilatéral chez l'adulte sourd post-lingual. *Deep deafness rehabilitation by uni- or bilateral cochlear implantation in post-lingual deaf adults*, 9(4), 36–39.
- [86] Tan, B.Y.B., Gluth, M.B., Statham, E.L., Eikelboom, R.H., Atlas, M.D. (2011). Mobile and Landline Telephone Performance Outcomes among Telephone-Using Cochlear Implant Recipients. *Otolaryngology--head and neck surgery: Official journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 146, 283-286.

- [87] Truy, C.M., (2008). Réhabilitation prothétique de l'audition chez l'adulte. De la prothèse conventionnelle aux implants. *Traité d'ORL*. Médecine Sciences Publications, 875 p.
- [88] Vaerenberg, B., Pascu, A., Del Bo, L., Schauwers, K., De Ceulaer, G., Daemers, K., Coene, M., et al. (2011). Clinical assessment of pitch perception. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 32(5), 736–741.
- [89] Välimaa, T. T., Löppönen, H. J. (2008). Comparison of the body-worn CIS-PRO + and the behind-the-ear-worn TEMPO + cochlear implant systems in Finnish-speaking adult CI users: any differences in results with experienced listeners? *Acta oto-laryngologica*, 128(9), 984–991.
- [90] Van Tasell, D. J., Soli, S. D., Kirby, V. M., Widin, G. P. (1987). Speech waveform envelope cues for consonant recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 82(4), 1152–1161.
- [91] Virole, B. (2006). *Psychologie de la surdité*. Bruxelles: De boeck., p. 524.
- [92] Visram, A. S., Azadpour, M., Kluk, K., McKay, C. M. (2012). Beneficial acoustic speech cues for cochlear implant users with residual acoustic hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(5), 4042–4050.
- [93] Vormès, E., Frachet, B. (2009). *Le guide de l'audition*. Paris: Odile Jacob, 241 p.
- [94] Walden, B. E., Surr, R. K., Cord, M. T., Dyrland, O. (2004). Predicting hearing aid microphone preference in everyday listening. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15(5), 365–396.
- [95] Wilson, B. S., & Dorman, M. F. (2008). Cochlear implants: a remarkable past and a brilliant future. *Hearing research*, 242(1-2), 3–21.
- [96] Xin Luo, Fu, Q.-J., Galvin, J. J. (2007). Vocal emotion recognition by normal-hearing listeners and cochlear implant users. *Trends in amplification*, 11(4), 301–315.

Sites internet

[97] <http://cric.hug-ge.ch/informations/fonctionnement.html>.

[98] <http://www.cisic.fr/implant/implant>.

[99] <http://www.has-sante.fr>.

[100] <http://www.implant-ific.org>.

[101] <http://www.advancedbionics.com/fr/fr/home.html>

[102] <http://www.neurelec.com/fr>

[103] <http://www.medel.com/fr>

[104] <http://www.cochlear.com/fr>

[105] http://fr.wikipedia.org/wiki/Fréquence_fondamentale

[106] http://www.cochleefrance.fr/documents/present_renouvel_ic.pdf

[107] <http://www.otoconsult.com>

[108] <http://www.legifrance.gouv.fr>

[109] http://www.ugr.es/~atv/web_ci_SIM/fr/seccion_4_fr.htm

[110] http://jeanmarc.chanal.free.fr/frederique_vignault.pdf

ANNEXES

Annexe 1 : Les lettres

Lettre d'information

Madame, Monsieur,

Etudiantes en dernière année à l'école d'orthophonie de Paris, nous effectuons une recherche sur les bénéfices potentiels du renouvellement du processeur vocal de l'implant cochléaire, dans le cadre de notre mémoire de fin d'études.

Notre étude comprend cinq questionnaires, des tests de perception auditive, et un test au téléphone. Notre objectif est d'évaluer le bénéfice de l'implant après le renouvellement du processeur vocal sur plusieurs plans : au niveau de la compréhension de la parole dans le silence et dans le bruit, de la compréhension au téléphone et sur la perception de la musique.

En acceptant de participer à notre étude, nous vous rencontrerons à 2 reprises : une première fois le jour-même du renouvellement pour constater vos compétences auditives avec votre processeur vocal actuel ; puis une seconde fois, 3 mois après, pour évaluer les bénéfices potentiels avec le nouveau processeur. L'ensemble du protocole ne durera qu'une vingtaine de minutes supplémentaires par rapport à la procédure habituelle de renouvellement.

Tous les résultats seront traités de manière anonyme. Tous les participants seront tenus informés des résultats de cette étude.

Ce mémoire est encadré par Mmes Stéphanie Borel et Emmanuèle Ambert-Dahan, orthophonistes dans le service d'ORL du Pr. Sterkers à l'hôpital Beaujon.

Par ailleurs, nous vous proposons, si vous le souhaitez, de participer à un entraînement spécifique au bruit et au téléphone. Celui-ci se fera à raison de 5 séances. Notre objectif est de constater une amélioration possible des performances après cet entraînement, ce qui donnerait un argument supplémentaire sur la nécessité de la rééducation orthophonique.

Nous vous remercions de nous aider en participant à cette étude, en signant le formulaire de consentement ci-dessous et en acceptant de vous soumettre au protocole de cette recherche.

Estelle Demotes-Mainard et Claire Gauthier.

Lettre de consentement

Je suis informé(e) du contenu et des modalités du protocole de recherche. J'accepte de participer à cette étude sur les bénéfices du renouvellement du processeur vocal. J'accepte que mes résultats soient traités anonymement et apparaissent dans le mémoire d'orthophonie sus-mentionné.

Nom, prénom :

Fait le :

A :

Signature :

Je suis informé(e) du contenu et des modalités du protocole de recherche. J'accepte de participer à cette étude sur les bénéfices du renouvellement du processeur vocal. J'accepte que mes résultats soient traités anonymement et apparaissent dans le mémoire d'orthophonie sus-mentionné.

Nom, prénom :

Fait le :

A :

Signature :

Annexe 2 : Le cahier d'observation

Histoire de la surdité

1) Identification du patient :

- Sexe :
- Date de naissance :
- Domicile :
- Langue maternelle :
- Activité professionnelle :

2) Histoire de la surdité :

- Etiologie :
- Année de début de la surdité :
 - D :
 - G :
- Degré de la perte auditive :
 - OD :
 - OG :
- Implant cochléaire :
 - Types d'implant :
 - Type de processeur :
 - Année d'implantation :
 - Côté :
- Prothèse controlatérale :
 - Oui
 - Non

Si oui depuis :

- Téléphone :
 - Oui
 - Non
 - Côté : G/D (implant – prothèse – oreille normo-entendante)
- Rééducation orthophonique avant l'implant cochléaire :
 - Oui
 - Non
- Rééducation orthophonique après l'implant :
 - Oui
 - Non

Résultats 1 : Pré renouvellement

1) Questionnaires :

- APHAB : score global :
- ERSA :
- Qualité de perception de la parole :
- Questionnaire musique :
- Questionnaire téléphone :

2) Tests psychoacoustiques

- Intonation d'harmoniques:
 - Δ
 - essais
- Intonation de phrases :
 - Δ
 - essais

3) Tests orthophoniques :

- Bilan audiométrique avec prothèse controlatérale, silence, mots à 50dB :
 - Lafon liste 1 :%
 - Lafon liste 2 :%
- Listes Fournier (mots dissyllabiques)
 - Lafon liste 1 : mots :% Phonèmes :%
 - Lafon liste 2 : mots :% Phonèmes :%
- MBBA dans le bruit : phrases à 60dB :
 - Rapport S/B=10dB : Mots :%
Phrases :%
 - Rapport S/B=5dB : Mots :%
Phrases :%

Résultats 2 : Post renouvellement

1) Questionnaires :

- APHAB : score global :
- ERSA :
- Qualité de perception de la parole :
- Questionnaire musique MEDEL :
- Questionnaire téléphone Cray :

2) Tests psychoacoustiques

- Intonation d'harmoniques:
 - Δ
 - essais
- Intonation de phrases :
 - Δ
 - essais

3) Tests orthophoniques :

- Bilan audiométrique avec prothèse controlatérale, silence, mots à 50dB :
 - Lafon liste 1 : mots :% Phonèmes :%
 - Lafon liste 2 : mots :% Phonèmes :%
- Listes Fournier (mots dissyllabiques)
 - Mots liste 1 :%
 - Mots liste 2 :%
- MBBA dans le bruit : phrases à 60dB :
 - Rapport S/B=10dB : Mots :%
Phrases :%
 - Rapport S/B=5dB : Mots :%
Phrases :%

Annexe 3 : Les tests orthophoniques

Liste des mots dissyllabiques de Fournier :

AUDIOMETRIE VOCALE										
Listes dissyllabiques					J.-E. Fournier					
Patient										
Date		Voix M		Voix M		Voix M		Voix M		
Audiomètre		F		F		F		F		
Opérateur	CD 2		piste							
Observations	1	33 63	2	34 64	3	35 65	4	36 66	5	37 67
	le bouchon		le râteau		le souci		le congé		le grillon	
	souper		donjon		tripot		mouton		terrain	
	rondin		sergent		balai		roseau		soulier	
	grumeau		crémier		vallon		frelon		gazon	
	rebut		niveau		saindoux		lapin		faisceau	
	glacon		refrain		brigand		traité		billet	
	réchaud		veston		rouleau		caillot		rabais	
	coffret		forban		défi		radis		plateau	
	gamin		bûcher		bambin		bâton		cordon	
clavier		cachot		secret		ruban		ticket		
		/ 10		/ 10		/ 10		/ 10		/ 10
		Voix M		Voix M		Voix M		Voix M		Voix M
		F		F		F		F		F
	CD 2		piste							
	6	38 68	7	39 69	8	40 70	9	41 71	10	42 72
	le pigeon		le repas		le dentier		le nougat		le poussin	
	carnet		complot		boulon		devis		chevreau	
	noyau		savon		hameau		baquet		forfait	
	jardin		curé		conflit		débris		mari	
	portrait		sanglot		bonnet		guichet		bosquet	
	blason		poulet		fusil		bijou		garçon	
	salut		chaînon		rayon		cahier		sifflet	
	délai		sachet		bandeau		goujon		boîtier	
	sabot		remous		relais		dessin		cahot	
	jumeau		coquin		canon		coteau		taudis	
		/ 10		/ 10		/ 10		/ 10		/ 10

Liste cochléaire de Lafon :

AUDIOMETRIE VOCALE

Listes cochléaires

Test phonétique de J.-C. Lafon

Patient

Date	Voix		Voix		Voix		Voix		Voix	
	M		M		M		M		M	
Audiomètre	F		F		F		F		F	
	E		E		E		E		E	
Opérateur	CD 1 piste									
Observations	1	5 25 35	2	6 26 36	3	7 27 37	4	8 28 38	5	9 29 39
	buée		bile		rôde		abbé		balle	
	ride		dors		fente		sud		soude	
	foc		sage		tige		fausse		mur	
	agis		gaine		grain		joute		nef	
	vague		fil		cave		dogue		change	
	croc		cru		bulle		acquis		gage	
	lobe		boule		somme		ville		trou	
	mieux		cale		maine		mare		mal	
	natte		bonne		preux		noce		tonne	
	col		rive		bord		appas		peur	
	fort		sol		rouille		route		rampe	
	soupe		tempe		oser		cil		puce	
	tonte		fauve		site		fête		cor	
	vèle		phase		bouée		veule		vite	
	nage		mule		sauve		chaise		rance	
	souche		chatte		chance		bâche		mouche	
	rogne		règne		gagne		souille		file	
		/ 50		/ 50		/ 50		/ 50		/ 50

	Voix		Voix		Voix		Voix		Voix	
	M		M		M		M		M	
	F		F		F		F		F	
	E		E		E		E		E	
	CD 1 piste									
	6	10 30 40	7	11 31 41	8	12 32 42	9	13 33 43	10	14 34 44
	bille		brin		bol		bois		tube	
	doute		faïlle		rade		dard		dalle	
	faine		sauge		touffe		faute		four	
	longe		langue		gêne		amas		jante	
	gave		sotte		raïde		gîte		gaz	
	seul		molle		étang		ganse		caisse	
	ami		drap		roule		cahot		folle	
	tasse		mille		mise		père		mainte	
	chêne		naine		année		mine		saine	
	pré		pire		pile		tronc		pris	
	sur		tank		sort		passe		soute	
	crin		pur		masse		tord		rite	
	vol		suer		fève		élan		bave	
	front		rêve		pince		voix		bouse	
	ruse		vase		bac		pèse		nappe	
	louche		mèche		manche		bûche		riche	
	bagne		teigne		saïgne		paille		peigne	
		/ 50		/ 50		/ 50		/ 50		/ 50

Liste de phrases MBAA :

MBAA Liste 7
1. La femme de ménage a tout nettoyé.
2. Pousse ta chaise, s'il te plaît.
3. Est-ce que tu as bien dormi ?
4. Mange ta soupe.
5. Combien ça coûte ?
6. Le vieux pêcheur attrape beaucoup de poisson.
7. Attention, la route est glissante.
8. Ce vin n'est pas si mauvais.
9. La tempête a déraciné tous les arbres cette nuit.
10. Le jardinier fait pousser de très bonnes salades.
11. Une fois de plus, le soleil se cache.
12. Vous avez des cigarettes ?
13. J'ai pris rendez-vous chez le médecin pour vendredi soir.
14. Il a construit sa maison tout seul.
15. Deux menus à dix-sept euros, s'il vous plaît.
MBAA Liste 8
1. Les chevaux galopent dans le pré.
2. Il y a une panne d'électricité.
3. Je n'aime pas beaucoup ce type.
4. Le ciel est vraiment couvert.
5. On part en vacances à la mer.
6. Le supermarché ouvre à dix heures.
7. Les nouilles sont trop cuites.
8. On va bientôt tailler cette hale.
9. Où est ton pull ?
10. Je crois que je fais aller faire des courses cet après midi.
11. Quand est-ce qu'on arrive ?
12. J'ai oublié mes clefs sur la table en sortant de chez moi.
13. La dernière fois que je suis venu, il n'y avait rien.
14. Je me suis perdu.
15. Vous allez jusqu'à Paris ?

MBAA Liste 9

1. Où vas-tu ?
2. Tu es venu pour rien.
3. Quel âge as-tu ?
4. J'ai perdu mon écharpe.
5. Tu devrais réparer la clôture.
6. Demain, j'irai payer mes impôts.
7. Moi aussi, je voudrais bien habiter dans ce quartier.
8. Je ne peux pas réparer votre voiture sans les pièces de rechange.
9. Les radis sont trop piquants.
10. On se donne rendez-vous à midi devant la porte du bureau.
11. Est-ce qu'on mange ensemble à midi ?
12. Il va falloir traverser toute la ville.
13. J'ai tout de suite remarqué qu'il manquait quelque chose.
14. Je laisse tout tomber.
15. J'ai bien peur que cette histoire ne s'arrête pas là.

MBAA Liste 10

1. Vous auriez du feu, s'il vous plaît ?
2. Le contrôleur va passer vérifier les billets.
3. Réveille-moi si je m'endors tout à l'heure.
4. Est qu'on peut manger à cette heure ?
5. Je ne comprends pas ce que vous me dites.
6. Où est la gare ?
7. J'ai perdu mon portefeuille.
8. Il faut tourner la clef de contact.
9. Mon bébé marche tout seul depuis trois jours.
10. Tu es allé chez le coiffeur.
11. Hier, j'ai vu un bon film à la télé.
12. Je crois que tu peux doubler ce camion.
13. L'avion a pris du retard.
14. Les fleurs sont fanées.
15. Il a raté ses examens.

Annexe 4 : Scores aux différents tests

Questionnaire APHAB

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	48	13	25,8	64,8	0,002*
Post	41	16	12,6	62,9	

Tab. 1 : Score total au questionnaire APHAB

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	34	20	5	82,8	0,24
Post	28	20	1	60,3	

Tab. 2 : Score au subtest « facilité de communication », APHAB

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	55	12	35,5	95	0,03*
Post	44	16	23,2	80,6	

Tab. 3 : Score au subtest « bruit de fond », APHAB

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	56	19	22	84,6	0,02*
Post	50	23	12	84	

Tab.4 : Score au subtest « réverbération » APHAB

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	38	21	8	72	0,13
Post	30	18	2,5	58	

Tab. 5 : Score au subtest « aversion », APHAB

Questionnaire ERSA

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	69	15	93	44	0,75
Post	67	18	94	36	

Tab. 6 : Score en pourcentage au questionnaire ERSA

Questionnaire QUALITE DE LA PAROLE

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	69	15	87	51	0,22
Post	73	9	92	64	

Tab.7 : Score en pourcentage au questionnaire de la qualité de la parole

Liste de LAFON

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	68	18	91	33	0,1
Post	72	19	100	41	

Tab. 8 : Score en pourcentage à la reconnaissance de phonèmes

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	44	23	82	3	0,039*
Post	55	27	100	12	

Tab.9 : Score en pourcentage à la reconnaissance des mots monosyllabiques

Liste de FOURNIER

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	72	28	100	5	0,55
Post	77	24	100	20	

Tab. 10 : Score en pourcentage à la reconnaissance des mots dissyllabiques

Liste des phrases MBAA SNR= 10dB

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	80	27	100	0	0,09
Post	79	29	100	0	

Tab. 11 : Score en pourcentage à la reconnaissance de mots dans le bruit

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	69	27	100	0	0,98
Post	71	28	100	0	

Tab. 12 : Score en pourcentage à la reconnaissance de phrases dans le bruit

Liste des phrases MBAA SNR= 5dB

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	61	33	100	0	0,23
Post	68	28	97	0	

Tab. 12 : Score en pourcentage à la reconnaissance de mots dans le bruit

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	46	33	100	0	0,31
Post	53	30	87	0	

Tab. 13 : Score en pourcentage à la reconnaissance de phrases dans le bruit

Questionnaire UTILISATION DU TELEPHONE

	Moyenne	Ecart-type	Score max	Score mini	P
Pré	64	26	36	22	0,025*
Post	71	27	36	22	

Tab. 14 : Score en pourcentage au questionnaire sur l'utilisation du téléphone

Annexe 5: Questions ouvertes post-renouvellement

1. Qu'est ce que votre nouveau processeur vous apporte ? En êtes-vous satisfait
2. Avez-vous senti la différence par rapport à votre ancien processeur ?
3. Avez-vous porté votre ancien processeur depuis le renouvellement ?
4. Y-a-t'il des médias ou des loisirs que vous pouvez utiliser/faire depuis le renouvellement ?
5. Vous a-t-il fallu un temps d'adaptation ? Si oui, combien de temps ?
6. La manipulation du nouveau processeur vous a-t-il posé problème ?
7. Si c'était à refaire, le referiez-vous ?

LE RENOUVELLEMENT DU PROCESSEUR VOCAL CHEZ L'ADULTE IMPLANTE COCHLEAIRE

Résumé

Notre étude porte sur les bénéfices potentiels chez des adultes sourds implantés cochléaires après le renouvellement de leur processeur vocal. Quatorze sujets ont été évalués, par des tests à la fois acoustiques, perceptifs et écologiques. Les résultats montrent que le renouvellement apporte une perception plus fine des sons. Celle-ci peut être entraînée par une prise en charge orthophonique de manière spécifique afin de pouvoir être exploitée au niveau de la compréhension.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the benefits from vocal processor upgrading in deaf adults with cochlear implants. Fourteen participants were evaluated with acoustic, speech discrimination and ecological tests. The findings suggest that vocal processor upgrading leads to finer speech perception which could be enhanced by rehabilitation so as to improve speech discrimination.

Mots-clés

Implant cochléaire – Renouvellement - Processeur vocal – Adultes

Keywords

Cochlear implant – Upgrade – Vocal Processor – Adults

Pages: 100

Références bibliographiques: 110

Annexes: 16

Document audio-visuel: CD-Rom