



HAL
open science

Le système CROS appliqué à l'implant cochléaire

Camille Sandelin

► **To cite this version:**

Camille Sandelin. Le système CROS appliqué à l'implant cochléaire. Médecine humaine et pathologie. 2010. hal-01882701

HAL Id: hal-01882701

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01882701v1>

Submitted on 27 Sep 2018

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.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

Université Henri Poincaré, Nancy I

Faculté de Pharmacie

**LE SYSTEME CROS
APPLIQUE A L'IMPLANT
COCHLEAIRE**

Mémoire en vue de l'obtention du

Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier M. Alain VINET pour m'avoir permis de présenter dans le présent mémoire les résultats des tests et des questionnaires menés sur les dix enfants implantés.

Mais cette expérience n'aurait pas été possible sans le concours du Dr. Nathalie NOEL-PETROFF, de Mme Camille PUEL et de M. Christian GAUTIER, qui ont participé de près à la réalisation du protocole.

Je remercie également tous les jeunes sujets et leur famille pour leur collaboration, en ayant accepté de se soumettre aux examens et au questionnaire de cette étude.

Enfin, j'adresse un remerciement tout particulier à ma famille et à Mathieu POLO, pour le soutien qu'ils m'auront apporté tout au long de mes travaux.

Sommaire

Avant-propos.....	1
Introduction.....	2
Chapitre I : L'oreille humaine et ses atteintes fonctionnelles....	4
I) Présentation d'une oreille saine	5
1. L'oreille externe	6
2. L'oreille moyenne	6
3. L'oreille interne.....	8
4. Les voies ascendantes.....	10
II) Présentation d'une oreille déficiente.....	11
1. Les différents types de surdité	11
1.1. Les surdités de transmission.....	12
1.2. Les surdités de perception.....	12
1.3. Les surdités mixtes.....	13
1.4. Les surdités neuronales.....	13
2. Les différents degrés de surdité	14
2.1. Les déficiences auditives normales.....	14
2.2. Les déficiences auditives légères.....	14
2.3. Les déficiences auditives moyennes.....	14
2.4. Les déficiences auditives sévères.....	14
2.5. Les déficiences auditives profondes.....	15
2.6. Les déficiences auditives totales.....	15
Chapitre II : L'implant cochléaire et le système CROS.....	16
I) L'implant cochléaire	17
1. Une perspective nécessaire : historique de l'implant	17
1.1. Des proto-implants à aujourd'hui.....	17
1.2. Statistiques actuelles sur la population implantée.....	18
2. Propriétés physiques d'un implant cochléaire	19
2.1. Conditions d'indication.....	19
2.2. Principe de fonctionnement.....	21
2.3. Caractéristiques techniques	21
2.4. Perspectives thérapeutiques	24
3. Les différents modèles disponibles sur le marché.....	25
3.1. Les différentes marques.....	25

3.2. <i>Les différents porte-électrodes</i>	25
4. L'avenir de l'implant cochléaire	26
II) Le système CROS	26
1. Une notion nécessaire : la stéréophonie	27
1.1. <i>La sonie</i>	27
1.2. <i>La localisation spatiale</i>	27
1.3. <i>L'effet d'ombre de la tête</i>	27
2. Propriétés physiques d'un système CROS	29
2.1. <i>Conditions d'indication</i>	29
2.2. <i>Principe de fonctionnement</i>	30
2.3. <i>Caractéristiques techniques</i>	30
2.4. <i>Perspectives thérapeutiques</i>	30
Chapitre III : Mesure de l'efficacité d'un système CROS appliqué à un implant cochléaire	32
I) Les audiométries vocales comparatives	33
1. Un constat nécessaire : la primauté expérimentale de l'enfant	33
2. Informations préliminaires sur les enfants testés	34
3. Informations préliminaires sur les appareils portés	35
4. Protocole	36
5. Interprétation des résultats	38
II) Le questionnaire de satisfaction	39
1. Détail des questions	39
1.1. <i>Sur la durée d'acceptation</i>	39
1.2. <i>Sur la qualité de l'ergonomie</i>	40
1.3. <i>Sur la fréquence d'utilisation</i>	40
1.4. <i>Sur les lieux d'utilisation</i>	41
1.5. <i>Sur l'éventuelle fatigue occasionnée</i>	41
1.6. <i>Sur l'amélioration du comportement à l'école</i>	41
1.7. <i>Sur l'amélioration de la perception au quotidien</i>	42
1.8. <i>Sur la durée d'autonomie énergétique</i>	42
1.9. <i>Sur l'intention éventuelle de conserver le système CROSLink</i>	42
1.10. <i>Sur d'éventuels troubles de l'équilibre occasionnés</i>	42
1.11. <i>Sur la modification de la localisation spatiale</i>	42
1.12. <i>Sur les appréciations générales et suggestions du patient</i>	43
2. Synthèse des réponses	43

Conclusion.....	45
Bibliographie.....	47
Annexe 1	49
Annexe 2	64

Avant-propos

Le cursus d'audioprothèse prévoit en fin de troisième année la soutenance d'un mémoire sur un sujet original au choix du candidat.

Afin d'approcher un des principaux enjeux de l'audioprothèse actuelle, il parut opportun de dédier un mémoire à l'appareillage des surdités les plus graves, à savoir les surdités sévères et profondes bilatérales. En la matière, si la technique est aujourd'hui parvenue à des résultats satisfaisants, il n'en demeure pas moins que de tels niveaux de surdité représentent toujours une difficulté pour le corps médical. En effet, face à de telles pertes, l'appareillage conventionnel atteint ses limites. La solution, unique aujourd'hui et faisant figure de dernier recours, réside dans la stimulation directe du nerf auditif par l'implantation même de l'oreille interne, à savoir la cochlée.

Parce qu'une seule oreille ne peut recevoir cet appareillage, l'audition se trouve au moins partiellement rétablie mais la compréhension de la parole du côté non implanté reste médiocre. Telle est la raison pour laquelle un tel appareillage peut être complété par un système permettant de transmettre à l'oreille implantée l'information sonore recueillie du côté de l'oreille controlatérale. Ce dispositif porte le nom de « système CROS ».

Le présent mémoire s'attachera à présenter l'application d'un tel système sur un implant cochléaire.

Introduction

Dans les *Méditations métaphysiques*, Descartes posait que le ciel n'est bleu que parce que nos yeux le perçoivent ainsi. Autrement dit, le monde n'existe que par l'idée que nous renvoyent nos sens. C'est ainsi faire le constat que chaque perception de l'environnement est unique et constituera un mystère pour l'autre.

Fort de cette description, on comprend mieux comment le physicien, dès son époque, avait déjà soulevé l'éternelle difficulté que présenterait la correction thérapeutique des sens, rendue possible aujourd'hui par les progrès de la technique. En effet, au même titre qu'un autre sens, corriger l'ouïe d'une personne n'est pas chose aisée – surtout lorsque l'essentiel des informations disponibles réside dans le seul témoignage du patient.

Le corps médical et paramédical travaillent ainsi de concert afin de restituer au mieux un sens « efficace ». Mais ce terme peut tromper et, aujourd'hui, même la technique de l'implantation cochléaire n'est capable que de restituer un reliquat d'audition, sans commune mesure avec une audition normale physiologique. En outre, à l'étape d'appareillage, l'une des tâches de l'audioprothésiste est de rétablir une bonne compréhension de la parole et une correcte localisation des sons dans l'espace. A ce titre, le choix consistant à opter pour un système CROS appliqué à un implant cochléaire est original en ce qu'il contraint à sacrifier la localisation spatiale du patient en faveur de la compréhension de la parole.

Afin de délimiter tout d'abord le cadre anatomique dans lequel s'inscrit cette étude, on présentera dans un premier temps les régions de l'appareil auditif sollicitées dans une implantation cochléaire.

Ensuite, en vue de circonscrire les différents types d'affections auditives intéressant directement cette étude, on parcourra les surdités existantes pour aboutir à celles traitées par le système CROS et l'implant cochléaire.

On pourra dès lors présenter les caractéristiques techniques de ces deux technologies. On exposera ainsi les conditions préalables à leur indication et leurs principes de fonctionnement.

Il s'agira enfin de porter le regard sur l'apport sensoriel que sera en mesure de fournir l'équipement constitué par l'application d'un système CROS sur un implant cochléaire. On pourra alors présenter et interpréter les résultats des tests audiométriques menés sur les patients ainsi équipés afin de jauger les qualités et défauts éventuels d'un tel dispositif.

Chapitre I

L'oreille humaine et ses atteintes fonctionnelles

Avant de pouvoir analyser un appareil auditif artificiel, il convient d'appréhender un appareil auditif naturel. Le présent chapitre est chargé d'introduire les régions de l'oreille et ses affections directement impliquées dans l'indication d'un implant cochléaire et d'un système CROS. La description d'une oreille saine efficace (I) est le préalable nécessaire à la présentation des déficiences fonctionnelles qui peuvent la toucher (II).

I) Présentation d'une oreille saine

L'oreille est l'organe pair situé de part et d'autre de la tête, inclus dans un espace d'environ quatre centimètres de long sur un centimètre de profondeur. Ce sont les motifs sinueux que présente cette partie externe visible qui permettent d'obtenir un son sélectif et mis en relief. En aval, la partie interne est directement en relation avec le système nerveux (cf. figure 1).

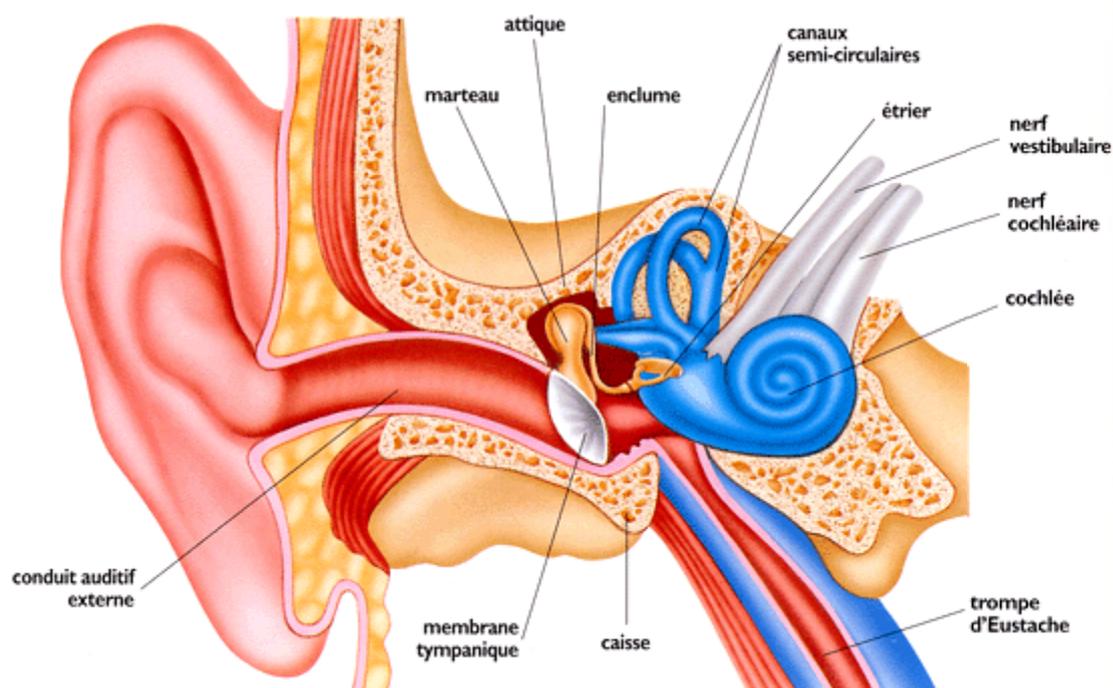


Figure 1 : Schéma de l'appareil auditif humain [1]

En suivant le cheminement du son depuis le champ libre jusqu'au nerf auditif, on décrira successivement l'oreille externe (1), moyenne (2) puis interne (3) – sans conteste la plus complexe. C'est cette dernière partie qui abrite la cochlée, cœur de la réception nerveuse appelé à être implantée.

1. L'oreille externe [2 ; 3a]

L'oreille externe sert à la diffraction des ondes acoustiques et à leur amplification. Cette zone anatomique modifie le niveau acoustique au tympan en fonction de la fréquence et de l'incidence des ondes. Cette action se traduit ainsi par une amplification de certaines fréquences uniquement.

L'oreille externe assure également la protection de l'oreille moyenne, à savoir le tympan et les osselets.

Cette partie de l'appareil auditif assure une fonction de transfert en transformant, en phase et en amplitude, de la pression acoustique du champ libre au tympan, par les phénomènes passifs de diffraction et de résonance.

Le pavillon de l'oreille, grâce à sa forme, va favoriser la réception des ondes acoustiques provenant des côtés et de devant. En effet, les sons provenant de l'arrière du crâne seront plus sourds. C'est cette discrimination acoustique qui permet de rendre le son perçu intelligible et donc la localisation de leurs sources dans l'espace.

Le pavillon et le conduit auditif délimitent le chemin menant au tympan, où le son sera amplifié de quelques décibels.

2. L'oreille moyenne [2 ; 3b]

L'oreille moyenne comprend le tympan et la chaîne ossiculaire, composée du marteau, de l'enclume et de l'étrier (cf. figure 2). Ces osselets sont inclus dans la caisse du tympan,

ou cavité de l'os temporal. Cette cavité est liée au rhinopharynx par la trompe d'Eustache.

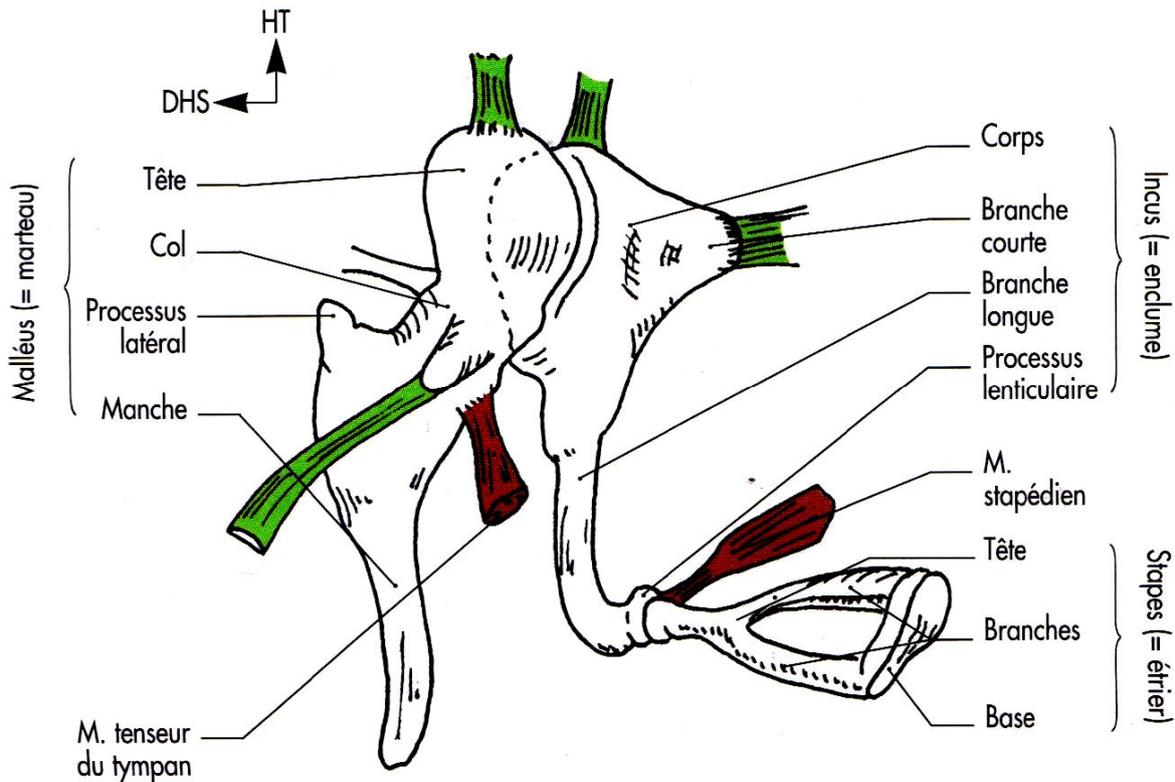


Figure 2 : Schéma de la chaîne ossiculaire [4]
(en vert figurent les ligaments, en rouge les muscles)

L'oreille moyenne assure plusieurs fonctions distinctes. Tout d'abord, elle adapte l'impédance entre un milieu aérien et un milieu liquidien. Ensuite, les muscles tenseur tympanique et stapédien protègent l'oreille interne contre des ondes sonores trop puissantes. Leur déclenchement s'active selon un réflexe bilatéral. Entre 250 et 4000 Hz, les seuils de déclenchement oscillent autour de 80 dB HL.

La trompe d'Eustache, quant à elle, assure l'équilibrage des pressions de part et d'autre de la membrane tympanique.

Mais l'oreille moyenne assure également une fonction de transfert fondamentale en amplifiant de manière sélective le signal perçu, pour certaines fréquences uniquement. Cette fonction se traduit par la liaison du signal de la pression acoustique au niveau du

tympan et du signal de pression acoustique mesuré dans la périlymphe à proximité de la fenêtre ovale.

Les fonctions combinées de transfert de l'oreille externe et de l'oreille moyenne conditionnent l'allure de la courbe des seuils d'audition.

Il n'y a donc pas de différence de sensibilité au niveau de l'oreille interne. Cette dernière constitue la zone anatomique principale de cette étude en ce qu'elle contient l'organe appelé à être implanté : la cochlée.

3. L'oreille interne [3c]

L'oreille interne constitue la partie antérieure du labyrinthe osseux. La cochlée, décrivant deux tours et demi, contient trois rampes, correspondant au canal cochléaire enserré dans les rampes vestibulaire et tympanique (cf. figure 3). Chaque canal contient un liquide, le premier : l'« endolymphe » et les deux derniers : la « périlymphe ».

La rampe tympanique communique avec la caisse du tympan par la fenêtre ronde, normalement cloisonnée par une membrane fibreuse, appelée « tympan secondaire ». La rampe vestibulaire est reliée à la caisse du tympan par la fenêtre ovale, obturée par la platine de l'étrier.

Le canal cochléaire est divisé en trois parties membraneuses par deux membranes fines : la membrane vestibulaire (ou membrane de Reissner) et la membrane basilaire. Ce canal englobe l'organe de Corti, chargé de traduire une perturbation dans un milieu liquide en un influx nerveux. Il est situé sur la face supérieure de la membrane basilaire dans la rampe vestibulaire et composé essentiellement de cellules ciliées externes et cellules ciliées internes assurant sa fonctionnalité.

Les cellules ciliées externes relaient l'onde perçue passivement et peuvent la renforcer ou l'annuler selon la nature des ordres reçus avant de la transmettre à la cellule ciliée interne chargée, elle, du transcoding. De ces cellules ciliées internes naissent les fibres du

nerf cochléaire qui s'engagent dans les canaux de la lame spirale pour rejoindre le ganglion « spiral » ou « ganglion de Corti ».

L'oreille interne représente de ce fait la partie de l'appareil auditif qui prend en charge le processus de transcodage des vibrations sonores en les décrivant en fréquences et intensités, à destination du système nerveux. Les vibrations liquides se déplacent le long d'un parterre de cellules ciliées, chapeautées d'une membrane, dite « tectoriale ». Elles répondent à une fréquence spécifique selon leur longueur. En faisant office de muscle, les trois cellules externes amplifient ou réduisent les ondes sonores.

La cellule interne va ensuite répercuter les influx nerveux aux centres. En réponse, ces derniers vont adapter la sensibilité des cellules externes à leurs besoins. Ceux-ci peuvent être à titre d'exemple la vigilance, dans certaines conditions. Par cet ensemble d'aptitudes uniques, l'oreille interne va pouvoir délivrer une analyse précise de l'environnement sonore et l'adapter aux exigences des circonstances dans lesquelles se trouve la personne.

Mais l'oreille interne, en plus de la cochlée, correspond également au labyrinthe osseux postérieur, c'est-à-dire à l'organe de l'équilibre. Celui-ci est formé par le vestibule, constitué à son tour de deux vésicules : l'utricule et le saccule. Cet organe est également composé de trois canaux semi-circulaires – point de départ des fibres du nerf vestibulaire – et de l'aqueduc du vestibule.

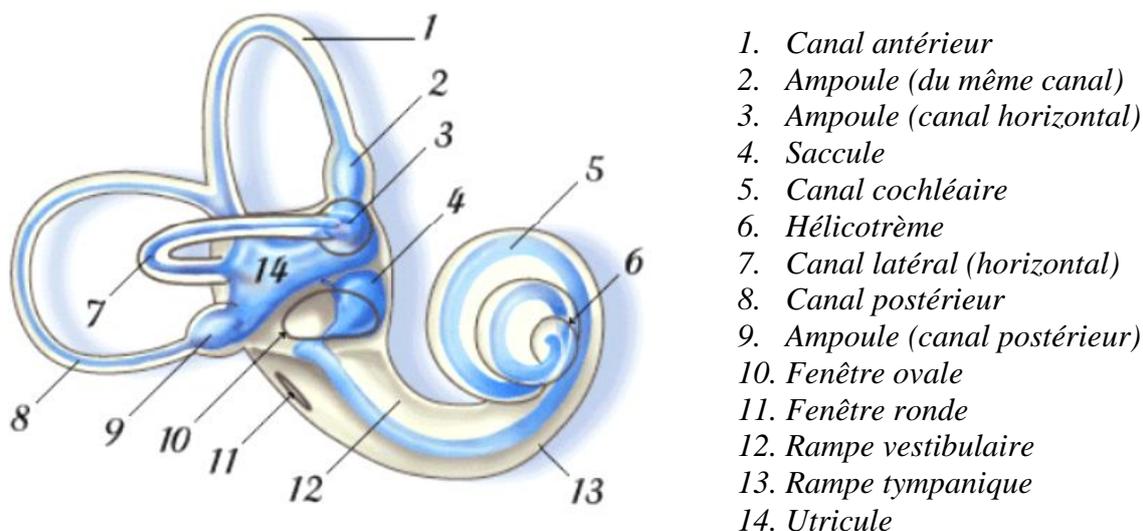
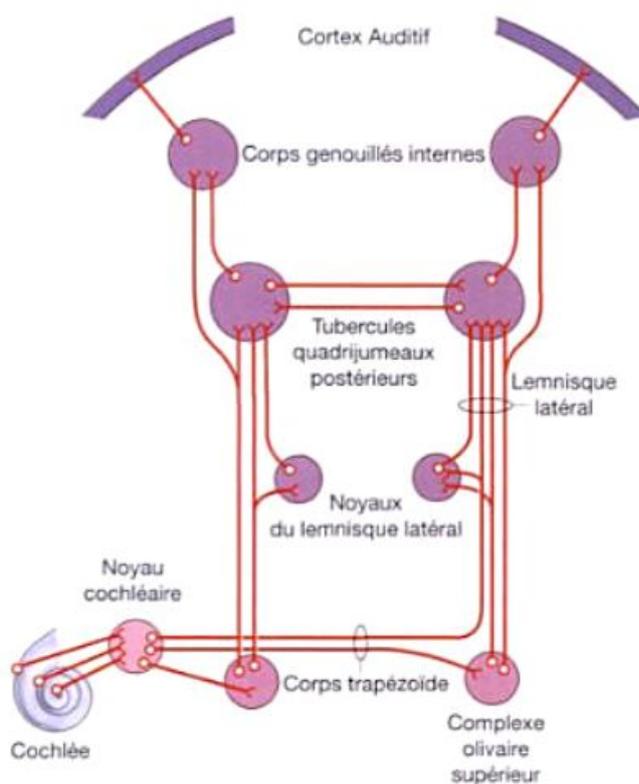


Figure 3 : Schéma du labyrinthe membraneux en vue externe [5]

Dernière étape de la perception auditive, les voies ascendantes vont accueillir le message nerveux afin de le faire cheminer jusqu'au centre nerveux principal, c'est-à-dire le cerveau.

4. Les voies ascendantes [3d ; 4b ; 6]

En quittant le noyau cochléaire, les axones atteignent les structures supérieures après de nombreux relais, après quoi ils rejoignent donc le cortex. Ces axones aboutissent



essentiellement aux complexes olivaires supérieurs, selon une projection bilatérale. Les axones reliant le complexe olivaire supérieur controlatéral constituent le corps trapézoïde. Une frange des axones aboutit au noyau du lemnisque latéral controlatéral et d'autres au colliculus inférieur controlatéral, dit également « tubercule quadrijumeau postérieur ».

Figure 4 : Schéma des voies auditives centrales [6]

Les axones sortant du complexe olivaire supérieur rejoignent les mêmes structures homolatérales. L'ensemble des axones reliant le colliculus inférieur forme le lemnisque latéral. Les axones sortant du colliculus inférieur rejoignent les corps géniculés médians homolatéraux et controlatéraux.

Ceux-ci composent le thalamus auditif, c'est-à-dire le dernier relai avant le cortex auditif. De ce fait, les voies auditives ascendantes sont complexes et redondantes, par la

projection bilatérale à partir du complexe olivaire supérieur. Ceci met en évidence le fait que les atteintes bilatérales sont les seules qui entraînent des surdités importantes.

C'est la technique des potentiels évoqués auditifs (PEA) qui explorent ces différents

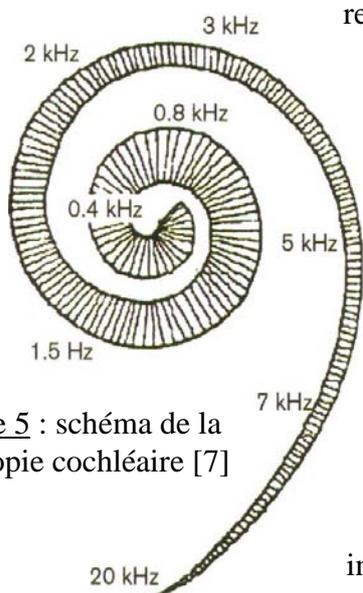


Figure 5 : schéma de la tonotopie cochléaire [7]

relais sur ces voies. Le long de celles-ci, le message auditif est filtré sélectivement par une inhibition latérale. En effet, plus on se rapproche du cortex, plus les neurones des voies auditives centrales traitent un éventail de fréquences de plus en plus réduit. Le codage devient de ce fait de plus en plus précis au fil de chaque relai. Cette organisation, dite « tonotopique » (cf. figure 5), permet ce mécanisme hautement sélectif, puisque chaque cellule, qui traite une fréquence spécifique, inhibe ses voisines qui, à leur tour, codent les fréquences inférieures et supérieures.

II) Présentation d'une oreille déficiente

Une oreille est déficiente dans le sens où elle est atteinte, pour diverses raisons, d'une perte fonctionnelle, c'est-à-dire une altération plus ou moins prononcée de sa capacité à capter correctement les sons de l'environnement. Il convient donc de présenter ces déficiences. Celles-ci, portant le nom générique de « surdités », sont chacune de types (1) et de degrés (2) différents.

1. Les différents types de surdité [8]

La surdité est donc une diminution ou une perte de la capacité à entendre des sons. Celle-ci peut être unilatérale ou bilatérale, d'origine héréditaire, congénitale ou acquise. A cet égard, le système CROS traite les surdités unilatérales les plus graves et les surdités

bilatérales très asymétriques. En outre, il existe trois grands types de surdité : les surdités de transmission (1), de perception ou neurosensorielles (2), qui peuvent être d'origine cochléaire ou neuronale (rétrocochléaire) (4), et les surdités mixtes (3). Ainsi, en fonction de l'étiologie de la surdité, différents types de prothèses seront indiqués.

1.1. *Les surdités de transmission*

Les surdités de transmission sont des surdités mécaniques qui touchent l'oreille externe et/ou l'oreille moyenne. Elles sont induites par l'apparition de freins à la diffusion des ondes acoustiques jusqu'au liquide de l'oreille interne. Les inflammations de l'oreille moyenne (otites chroniques), les bouchons de cérumen, l'otospongiose ou l'otosclérose (maladie génétique entraînant une ankylose de l'étrier qui ne transmet dès lors plus les vibrations à l'oreille interne) sont les causes les plus fréquentes de ce type de surdité.

Dans ces conditions, la perte d'audition n'est jamais totale. Un maximum de 60 décibels de perte majeure ce type de surdité. Leur correction fait appel aux prothèses auditives conventionnelles (par simple amplification des ondes sonores), aux prothèses ossiculaires ou prothèses réparatrices de l'oreille moyenne (par restauration de la chaîne ossiculaire), aux prothèses à conduction osseuse (par stimulation directe de l'oreille interne par voie osseuse) ou aux implants d'oreille moyenne (par stimulation de la chaîne ossiculaire).

1.2. *Les surdités de perception*

Aussi appelées surdités « neurosensorielles », ces surdités sont très fréquentes. Congénitales ou acquises, elles touchent l'oreille interne et découlent de l'altération – voire de la disparition – des cellules ciliées de l'organe de Corti. Les vibrations sonores pénétrant dans la cochlée ne sont plus transformées en signaux électriques par les cellules ciliées lésées, ce qui entraîne une diminution de l'intensité et de la qualité des sons perçus. Au final, les personnes atteintes sont suffisamment handicapées pour ne pas réussir à entretenir une conversation convenablement.

Les surdités neurosensorielles sont généralement irréversibles puisqu'elles sont liées à la destruction totale des cellules ciliées de l'organe de Corti. Cette annihilation s'effectue naturellement au fur et à mesure de la vie, via le mécanisme de presbyacousie, mais peut être également accélérée par des bruits violents et/ou répétitifs. Elle peut également être causée par des médicaments ototoxiques comme certains antibiotiques ou par une fracture du crâne.

Les surdités neurosensorielles se caractérisent souvent par une perte des sons aigus. Elles posent donc un problème de perception de la parole, car les sons aigus jouent un rôle essentiel dans la compréhension des mots. Les surdités neurosensorielles moyennes à sévères sont le plus souvent corrigées à l'aide d'appareils auditifs conventionnels.

Ce sont ainsi les surdités neurosensorielles sévères à profondes qui sont généralement traitées par les implants cochléaires.

Outre ces deux grands types de surdités, les surdités mixtes et neuronales doivent aussi être relevées.

1.3. *Les surdités mixtes*

Elles associent à la fois un obstacle à la transmission des sons et une atteinte de la perception et répondent aux mêmes traitements que les surdités de transmission et de perception, en fonction de leur étiologie.

1.4. *Les surdités neuronales*

L'absence ou l'endommagement du nerf auditif peut entraîner une surdité neuronale irréversible. Dans ce cas, ni les aides auditives ni même les implants cochléaires ne sont efficaces, car le nerf est incapable de transmettre les signaux au cerveau. Dès lors, seul un implant auditif du tronc cérébral peut être indiqué.

2. Les différents degrés de surdité [9]

La surdité peut rester stable tout au long de la vie, mais elle peut également être évolutive et s'aggraver au fil du temps. Le degré, c'est-à-dire l'importance de la surdité, est exprimé selon la classification audiométrique établie par le bureau international d'audiophonologie (BIAP). Celui-ci distingue six stades selon la perte moyenne de décibels, calculée à partir des pertes mesurées à 500, 1000, 2000 et 4000 Hz.

2.1. Les déficiences auditives normales (ou subnormales)

Elle correspond à une perte moyenne de 20 dB. Il s'agit parfois d'une atteinte tonale légère sans incidence sociale.

2.2. Les déficiences auditives légères

C'est une perte moyenne de 21 à 40 dB par laquelle la parole normale est perçue mais dans laquelle certains éléments phonétiques échappent à l'ouïe de la personne. La voix faiblement émise n'est pas correctement perçue, d'où la possibilité d'un développement du langage avec des difficultés d'élocution. La plupart des bruits familiers de la vie quotidienne sont toutefois perçus sans encombre.

2.3. Les déficiences auditives moyennes

Elle est constituée dès lors que le patient présente une perte moyenne de 41 à 70 dB. La parole n'est perçue qu'à fort volume. Un tel stade de surdité nécessite cette fois la lecture labiale, sans laquelle l'apprentissage du langage oral serait très compromis. Sans appareillage adéquat, l'émission et l'articulation de la voix sera défectueuse.

2.4. Les déficiences auditives sévères

Celle-ci est diagnostiquée lorsque la personne est affectée d'une perte moyenne de 71 à 90 dB. La parole n'est perçue qu'à très fort volume, que lorsque l'on crie à proximité du malentendant. La lecture labiale est alors très utilisée. Non seulement l'appareillage

conventionnel est alors nécessairement indiqué, mais également un suivi orthophonique. Ce niveau de surdité est conventionnellement subdivisé en deux degrés : un premier correspondant à la fourchette de perte s'étendant de 71 à 80 dB et un deuxième associé aux pertes comprises entre 81 et 90 dB.

Ce niveau de surdité peut être également traité par l'implant cochléaire.

2.5. Les déficiences auditives profondes

Elle est établie lorsqu'est constatée une perte moyenne supérieure à 90 dB. Un enfant souffrant d'une telle perte est presque obligatoirement muet s'il ne reçoit pas une éducation spéciale et s'il n'est pas appareillé. La lecture labiale est une aide indispensable, il existe également le langage parlé complété qui complète en accompagnant la parole de petits mouvements de la main près du visage. On peut également opter pour un apprentissage de la langue des signes française.

On distingue trois degrés de déficience auditive profonde : le premier degré regroupant les pertes comprises entre 91 et 100 dB ; le deuxième degré correspondant aux pertes allant de 101 à 110 dB ; le troisième degré regroupant les pertes comprises entre 111 et 119 dB.

Ce degré de surdité nécessite une aide auditive pour communiquer. L'implant cochléaire est également une autre alternative.

2.6. Les déficiences auditives totales

Egalement appelée « cophose », cette surdité maximale correspond aux pertes moyennes de plus de 120 dB. A un tel stade, plus aucun son n'est perçu.

Chapitre II

L'implant cochléaire et le système CROS

Il s'agit dès à présent d'examiner les caractéristiques techniques générales de l'implant cochléaire (I) et du système CROS (II). On pourra donc, par la suite, analyser l'alliance de leurs fonctions. Ainsi convient-il, pour mesurer l'ampleur de chacune de leurs particularités, de les analyser d'abord indépendamment l'un de l'autre.

I) L'implant cochléaire [8 ; 13]

A plusieurs types de surdité correspondent plusieurs techniques de correction : il existe les prothèses auditives conventionnelles, les implants d'oreille moyenne, les prothèses à conduction osseuse, les prothèses ossiculaires, les implants du tronc cérébral et, enfin, les implants cochléaires. Avant de présenter les propriétés physiques de ces implants d'oreille interne (2), il s'agira de parcourir brièvement l'historique de ceux-ci (1) et d'appréhender *a posteriori* le progrès de leur technologie au fil du temps.

1. Une perspective nécessaire : historique de l'implant

On peut retracer un historique de cet appareil et de sa technologie en décrivant, après sa naissance il y a une cinquantaine d'années (1), la composition et la proportion actuelle de la population en étant équipée (2).

1.1. *Des proto-implants à aujourd'hui*

C'est Volta en 1790 qui découvrit que l'envoi d'un courant électrique dans les oreilles pouvait aboutir à la perception d'un son. Toutefois, ce n'est qu'au milieu du XXe siècle que la capacité à maîtriser cette technique à des fins véritablement thérapeutiques prit son envol. En effet, ce n'est qu'à cette période que l'on a pu apporter une information sonore aux fibres fonctionnelles intactes du nerf auditif.

La toute première implantation cochléaire est réalisée en 1957 à Paris. On ne pouvait alors qu'utiliser des implants monocanaux, c'est-à-dire qu'ils ne possédaient qu'une

électrode positionnée en extracochléaire. Ces proto-implants ne pouvaient solliciter qu'une seule partie du nerf auditif. La compréhension de la parole était impossible par la pauvreté de l'information délivrée, mais l'on arrivait toutefois à rendre perceptible les rythmes et la différence d'intensité des sons.

Plus tard, ces appareils ont été remplacés par des implants multicanaux dotés de plusieurs électrodes intracochléaires, pouvant solliciter plusieurs groupes de fibres du nerf auditif. Ces nouveaux appareils délivraient des indications plus complètes sur la composition fréquentielle des sons, ce qui permettait enfin la compréhension de la parole. Ce type d'appareil est encore utilisé aujourd'hui.

1.2. Statistiques actuelles sur la population implantée

Environ 7% de la population française est affectée par un déficit auditif. A ce chiffre répondent ainsi 1500 nouveaux cas de surdités sévères ou profondes tous les ans, dont 800 sont des naissances d'enfants malentendants. Ceci a mené à un plan de dépistage systématique de la surdité à la maternité, encore en élaboration aujourd'hui.

Début 2007, plus de 100 000 implants étaient posés dans le monde et plus de 5000 patients étaient implantés en France. Ceci correspond à une moyenne de 700 patients par an, chiffre en constante augmentation depuis.

La proportion adultes/enfants est équilibrée, même si l'implantation est menée sur des enfants de plus en plus jeunes. Celle-ci est parfois indiquée à l'enfant dès sa première année.

Au regard de la pérennité de l'implant cochléaire, le traitement du signal sonore étant une technique en constants progrès, ceci permet d'augmenter grandement l'efficacité de ce type de dispositif et, ainsi, leurs indications.

2. Propriétés physiques d'un implant cochléaire

Un implant cochléaire répond à un principe de fonctionnement élaboré (2) ayant mené à la construction d'une mécanique de précision (3). En outre, cette technologie offre aujourd'hui des espérances thérapeutiques uniques (4). Mais jouir des propriétés d'un implant cochléaire pour une personne atteinte de surdité, même grave, n'est pas acquis d'avance et il faut répondre à des conditions d'indications très contraignantes (1).

2.1. *Conditions d'indication* [20]

L'implant cochléaire est expressément indiqué pour les surdités neuro-sensorielles (surdités de perception) bilatérales sévères à profondes, à la condition préalable d'avoir constaté l'incapacité de l'appareillage auditif conventionnel à corriger la déficience.

Afin de recouvrir de manière exhaustive les conditions d'indications établies par le pouvoir réglementaire en la matière, il conviendra de citer la lettre même de l'article correspondant. Celui-ci appartient à un arrêté du 2 mars 2009 relatif à l'inscription de systèmes d'implants cochléaires et du tronc cérébral à la liste des produits et des prestations remboursables (ndr. : sa référence exacte est « Arrêté du 2 mars 2009 relatif à l'inscription de systèmes d'implants cochléaires et du tronc cérébral au chapitre 3 du titre II et au 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 »). En voici l'extrait concerné, tiré de l'article 2, section 12, sous section 1 :

« [...] **Implantation unilatérale de l'enfant**

L'implantation doit être la plus précoce possible, sous réserve qu'un bilan complet de surdité, un accompagnement orthophonique et un essai prothétique aient été réalisés. Si l'enfant est entré dans une communication orale, il peut bénéficier d'une implantation quel que soit son âge. En particulier les adultes jeunes sourds congénitaux peuvent être implantés.

En revanche, dans le cas de la surdité congénitale profonde ou totale non évolutive, si l'enfant au-delà de 5 ans n'a pas développé d'appétence à la communication orale, l'implantation n'est pas recommandée sauf cas particuliers.

Dans le cas d'une surdité profonde, l'implantation cochléaire est indiquée dès lors que le gain prothétique ne permet pas le développement du langage.

Dans le cas d'une surdité sévère, l'implantation cochléaire est indiquée lorsque la discrimination est inférieure ou égale à 50 % lors de la réalisation de tests d'audiométrie vocale adaptés à l'âge de l'enfant. Les tests doivent être pratiqués à 60 dB, en champ libre, avec des prothèses bien adaptées sans lecture labiale.

Dans le cas de fluctuations, l'implantation cochléaire est indiquée lorsque les critères suscités sont atteints plusieurs fois par mois et/ou lorsque les fluctuations retentissent sur le langage de l'enfant.

Implantation unilatérale de l'adulte sourd

Il n'y a pas de limite d'âge à l'implantation cochléaire chez l'adulte, sauf mise en évidence de troubles neurocognitifs.

Chez le sujet âgé, l'indication relève d'une évaluation individuelle psychocognitive par un centre gériatrique.

L'implantation cochléaire est indiquée en cas de :

— discrimination inférieure ou égale à 50 % lors de la réalisation de tests d'audiométrie vocale avec la liste cochléaire de Fournier (ou équivalent). Les tests doivent être pratiqués à 60 dB, en champ libre, avec des prothèses bien adaptées sans lecture labiale ;

— fluctuations, lorsque la fréquence et la durée des fluctuations entraînent un retentissement majeur sur la communication. [...]»

Pour pouvoir implanter un tel appareil sur un patient, il faut satisfaire à nombre de conditions restrictives, d'ordre médical (recherche de la cause de la surdité), audiolinguistique

(mesure des aptitudes auditives et du fonctionnement du nerf associé), radiologique (analyse de l'état de la cochlée) et enfin psychologique et orthophonique. Cette délibération émanera d'une équipe pluridisciplinaire assurant les soins et examens de la pré-implantation à l'optimisation des résultats de celle-ci.

2.2. Principe de fonctionnement

Le but est de recréer une sensation auditive indépendamment de l'oreille externe, moyenne et d'une partie de l'oreille interne. En effet, l'implant cochléaire est appelé à stimuler directement les fibres nerveuses auditives par des électrodes posées chirurgicalement.

Des microphones recueillent l'onde acoustique et la transmettent au processeur vocal qui, à son tour, code de manière sélective le message et le retranscrit en influx électriques. Ces derniers sont conduits au travers de la peau au dispositif implanté via l'antenne émettrice aimantée à l'arrière de l'oreille. Le signal chemine jusqu'aux électrodes de la cochlée, chacune d'entre elles étant prévues pour transmettre des sons d'intensité et de hauteur variables selon leur emplacement dans la cochlée.

Cette chaîne se produit en un laps de temps quasi instantané comme le ferait un individu à l'audition normale. Le codage des ondes acoustiques et la stimulation électrique vont de pair avec les aptitudes individuelles de chaque sujet, par des paramétrages effectués a posteriori. Le processeur vocal est chargé d'un éventail de fréquences se situant entre 200 Hz et 8000 Hz, c'est-à-dire les fréquences du langage parlé.

Mais l'implant cochléaire est somme toute limité ; il ne restituera jamais une audition normale, en n'améliorant que la capacité à capter et à interpréter les sons.

2.3. Caractéristiques techniques

L'implant cochléaire est un appareil électronique qui corrige les défaillances de l'organe de Corti en stimulant directement les fibres du nerf auditif par traduction de

l'information sonore en impulsions électriques. En effet, la disparition des cellules ciliées n'implique pas nécessairement celle des fibres nerveuses et les neurones restants peuvent être excités par une stimulation électrique directe (cf. figure 6).

L'implant cochléaire est constitué d'une partie implantée (cf. figure 7), le récepteur-stimulateur, et d'une partie externe (cf. figure 8), regroupant l'antenne émettrice et le processeur vocal. La partie implantée est un petit boîtier placé sous la peau via une opération chirurgicale au niveau de l'os mastoïdien, derrière le pavillon de l'oreille. Cette partie interne contient un système récepteur (ou antenne réceptrice), un aimant et un circuit électronique stimulateur. Ce dispositif implanté est relié à un porte-électrodes. Ce dernier est constitué d'un faisceau de 16 à 24 électrodes composées d'un alliage de platine et d'iridium inclus dans une gaine en silicone. Ce sont ces électrodes qui sont introduites dans la cochlée.

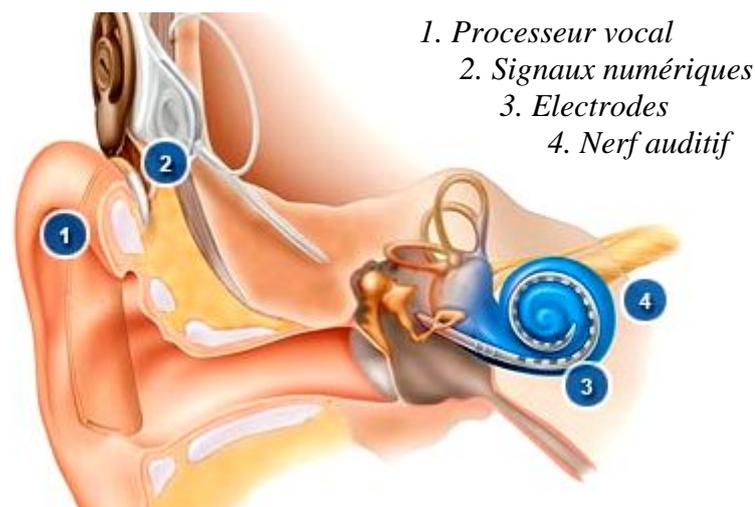
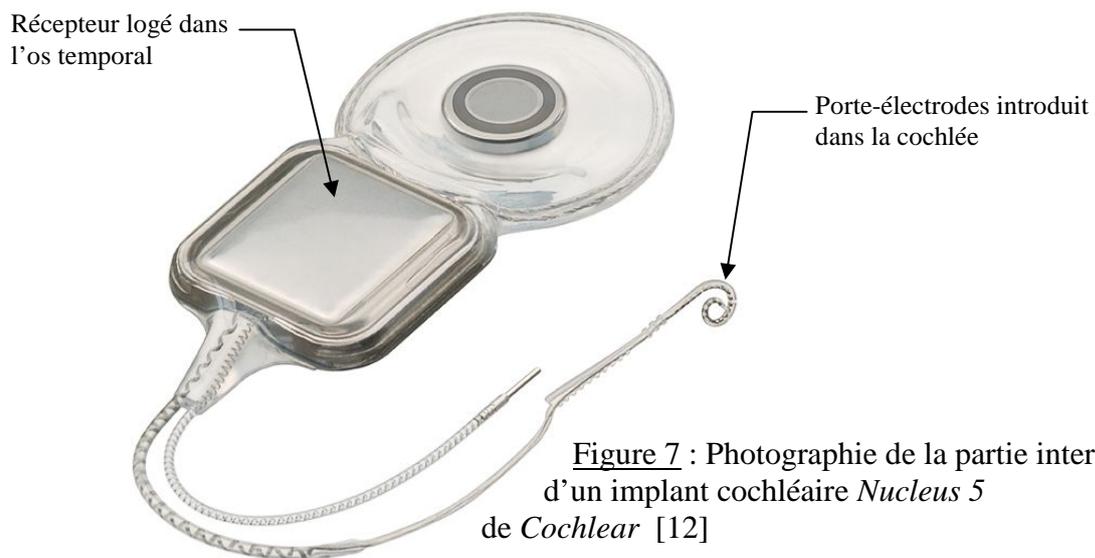


Figure 6 : Schéma du fonctionnement d'un implant cochléaire *in vivo* [10]

L'antenne émettrice est une pièce arrondie d'environ 2 cm de diamètre retenue par aimantation en face du récepteur-stimulateur sous la peau. Cette antenne est reliée par un fil au processeur vocal externe.

Celui-ci prend soit la forme d'un contour d'oreille classique, soit celle d'un boîtier ou d'un microcontour d'oreille avec batteries déportées. Un contour d'oreille classique contient le ou les microphone(s), le microprocesseur et l'alimentation, sur batterie ou pile.

Un boîtier standard comprend le microprocesseur et l'alimentation. Il est relié par un fil au(x) microphone(s) de l'antenne émettrice. Mais il existe aussi un système intermédiaire dans lequel le microprocesseur et le(s) microphone(s) se trouve(nt) sur le microcontour d'oreille et l'alimentation au niveau d'un boîtier. Ces boîtiers peuvent être portés dans la poche, à la ceinture etc.



2.4. *Perspectives thérapeutiques*

Le succès d'une telle implantation dépendra essentiellement du nombre de fibres nerveuses intactes chez le patient. Prévoir l'efficacité de l'implant cochléaire est donc très difficile.

Que ce procédé soit mené sur un adulte ou un enfant, on obtient souvent de bons résultats autant sur le plan de la compréhension que sur celui de la production du langage. Pour les surdités profondes congénitales, l'âge "idéal" pour se voir poser un implant cochléaire n'est pas univoque dans la communauté scientifique. Toutefois, une tendance majoritaire confirme que plus tôt est cet appareillage, meilleurs sont les résultats. En France, l'âge moyen d'implantation chez l'enfant est supérieur à 2 ans. S'il n'y a pas d'âge limite, l'implantation de patients en grande adolescence ou à l'âge adulte pour les sourds congénitaux est souvent peu efficace, voire vaine. Cette difficulté provient de la déficience liée à l'âge dans la capacité à s'adapter du système nerveux central.

Sur le patient adulte, l'implant cochléaire est de préférence destiné aux patients devenus sourds par une maladie ou un accident. Dès lors, les aires du cerveau régissant l'audition sont parfaitement fonctionnelles, c'est-à-dire apte à analyser des données transmises par l'implant, peu important l'âge. L'âge moyen d'implantation est de 50 ans (le panel s'étendant de 15 à 80 ans).

Enfin, plus la période de surdité profonde est brève et meilleures sont les espérances de résultats favorables. Si bien qu'une période de surdité profonde supérieure à 20-25 ans est un critère rédhibitoire à la pose d'un implant cochléaire.

On a aujourd'hui une dizaine d'années de recul sur les plus grandes séries de surdités prélinguales implantées. Cette ancienneté permet de mesurer l'efficacité d'un tel appareillage sur le développement du langage à moyen et long terme. Les résultats mettent en lumière la possibilité remarquable de développement de la parole chez des enfants atteints de surdités profondes.

3. Les différents modèles disponibles sur le marché

Les implants cochléaires aujourd'hui disponibles peuvent être décrits selon un critère subjectif : leur marque (1), et selon un critère objectif : les propriétés de leur *porte-électrodes* (2), clé de voûte de l'efficacité de chaque modèle.

3.1. Les différentes marques

Quatre fabricants d'implants cochléaires composent le marché : *Advanced Bionics*, *Cochlear*, *Neurelec* et *Med-El*. Leurs performances sont assez comparables et ils disposent tous d'une garantie de 10 ans pour la partie implantée et de 3 à 5 ans pour le processeur vocal.

Le dénominateur commun notable à tous ces fournisseurs est qu'ils proposent tous une évolutivité de leurs systèmes en permettant leur compatibilité avec les logiciels et parties externes futurs. Des différences subsistent toutefois naturellement entre leurs produits : sur le plan technologique (nombre d'électrodes, site d'implantation de celles-ci, type de traitement du signal...), ergonomique, esthétique...

3.2. Les différents porte-électrodes

Il existe de nombreux types de porte-électrodes, selon les paramètres suivants : nombre d'électrodes, type de faisceau et longueur de stimulation.

Les implants cochléaires disponibles aujourd'hui ont tous le trait commun d'être multicanaux, en possédant de 16 à 24 électrodes. La reconnaissance optimale des consonnes dans le silence est atteinte avec 4 électrodes. Pour les voyelles et les mots monosyllabiques, il faut 6 à 8 électrodes. De fait, augmenter le nombre d'électrodes à plus de 8 ne semble pas apporter une meilleure perception des sons, mais permet une intelligibilité améliorée dans un milieu bruyant. Cette dernière est maximale avec 14 à 16 électrodes. Ainsi, aujourd'hui, tous les implants possèdent au minimum 16 électrodes.

Plus le nombre d'électrodes est élevé, meilleure se trouve la perception. Toutefois, c'est le nombre de canaux d'information indépendants disponibles qui est le critère déterminant, plus que le nombre d'électrodes actives. Ce nombre de canaux peut être trouvé par approximation en déterminant le nombre d'électrodes que le patient est en capacité de discriminer. La perception de la parole est plus élevée chez les patients capables de mieux discriminer des stimulations présentées sur des électrodes distinctes que chez les patients pour lesquels le nombre d'électrodes indifférenciées est grand.

4. L'avenir de l'implant cochléaire

Les particularités des différents implants et la multiplicité des gammes à disposition rendent aujourd'hui possible l'adaptation aux divers cas cliniques, selon l'anatomie de la cochlée propre à chaque patient.

La quantité d'implantations cochléaires croît ainsi régulièrement et de manière soutenue. Ce phénomène est dû aux progrès de la technique qui élargissent les indications de cet appareillage. La miniaturisation des microprocesseurs et des composants électroniques, l'amélioration du traitement du signal pour une perception se rapprochant chaque jour un peu plus d'une audition normale physiologique, la conservation de l'audition résiduelle, avec notamment la stimulation électro-acoustique, sont autant de facteurs favorables.

II) Le système CROS

Les personnes appelées à recevoir un mode d'appareillage de type « système CROS » ont un déséquilibre profond entre leurs deux oreilles. Après avoir décrit le phénomène de stéréophonie (1) que le système CROS sacrifie nécessairement, on présentera mieux comment les diverses propriétés physiques de ce dispositif en viennent à le rendre avantageux (2), en conférant un champ auditif élargi.

1. Une notion nécessaire : la stéréophonie [14]

La stéréophonie est le phénomène de captation du son via deux appareils distincts, pouvant être des microphones artificiels ou des « microphones naturels », c'est-à-dire les oreilles. On peut décrire ce concept par trois notions clé : la *sonie* (1), à laquelle répond la *localisation spatiale* (2), rendue possible entre autre par l'« *effet d'ombre* » de la tête (3).

1.1. *La sonie*

La sonie est la mesure de l'intensité de la sensation sonore par rapport à la pression acoustique. Elle présente la particularité de dépendre directement du caractère monaurale ou binaurale de l'audition.

En effet, l'audition monaurale est nécessairement moins efficace et précise que l'audition binaurale. Au seuil d'audition, les courbes normalisées d'audition monoauriculaires sont plus faibles de 3 dB que lors d'une binaurculaire.

1.2. *La localisation spatiale*

Plusieurs paramètres entrent en jeu pour pouvoir décrire le phénomène de localisation spatiale : les variations de hauteur globale perçue, les décalages temporels des attaques, les variations brusques de sonie ou de forme spectrale...

Ces paramètres permettent de décrire également l'effet « cocktail ». Ce dernier correspond à la situation dans laquelle une personne immergée dans une foule parvient malgré tout à discriminer la conversation à laquelle elle prend part, de toutes celles avoisinantes. Cette aptitude permet donc de rejeter hors du champ de l'attention les bruits étrangers, la réverbération, mais aussi de localiser précisément la source d'un son.

1.3. *L'effet d'ombre de la tête*

Quand le son progresse dans le plan de symétrie de la tête, étant à égale distance de chacune des oreilles, il se répartira équitablement entre celles-ci. Les signaux parvenant

jusqu'aux oreilles gauche et droite porteront la même phase, le même retard et la même intensité. Si la source sonore sort du plan de symétrie et s'en écarte, sa distance à chacune des oreilles variera (cf. figure 9).

Le signal recueilli par l'oreille la plus éloignée présentera dès lors un déphasage et un retard déterminants. Qui plus est, cette dernière recevra un signal d'intensité amoindrie par l'action de l'écran formé par la tête, ce qui constituera un nouvel indice pour la localisation de la source sonore. Cet effet de masque, appelé également « effet d'ombre », change selon la fréquence d'émission, avec l'angle formé par l'onde incidente et le plan de symétrie de la tête.

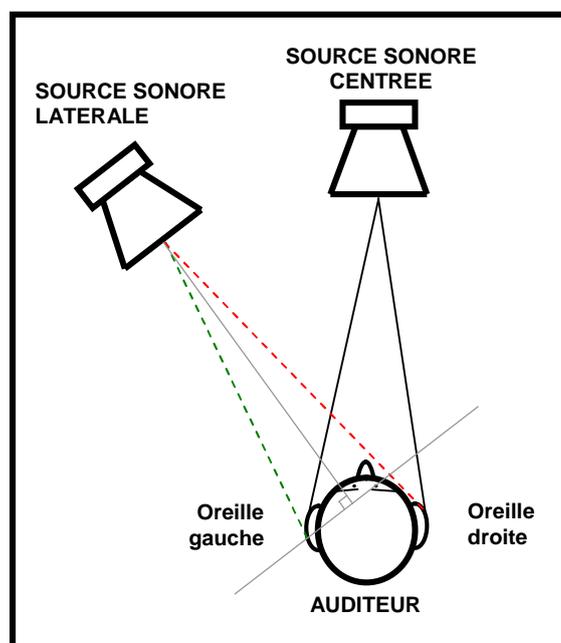


Figure 9 : Croquis du décalage gauche/droite dans la perception d'un son latéral (le trajet sonore rouge est plus long que le trajet sonore vert).

Les ondes de fréquence inférieure à 300 Hz ignorent ce phénomène d'écran. Toutefois, lorsque l'onde provient d'un angle de 90° par rapport au plan de symétrie, c'est-à-dire parfaitement de côté, l'atténuation est comprise entre 7 et 10 dB pour les fréquences de 500 à 3000 Hz et atteint 15 dB à 4000 Hz et 30 dB à 10000 Hz.

Les deux indices que sont la phase et l'intensité du signal perçu sont en l'occurrence exploités pour simuler une source sonore en mouvement autour de l'auditeur. En effet, lorsque deux écouteurs émettent aux deux oreilles un signal de même intensité et de même phase, alors le son est interprété comme se situant au centre. Si une différence d'intensité ou un déphasage est appliqué à une oreille, l'impression que la source sonore se déplace depuis l'intérieur du crâne sera alors transmise à l'auditeur.

2. Propriétés physiques d'un système CROS [15]

Un système CROS répond à un principe de fonctionnement élémentaire (2) associé à des caractéristiques techniques relativement simples (3). Au même titre que l'implant cochléaire, le système CROS a donné accès à des espérances thérapeutiques nouvelles (4). Toutefois, les critères d'indication d'un tel mode appareillage sont bien plus souples que le précédent implant (1).

2.1. *Conditions d'indication*

Chez la personne atteinte d'une surdité très asymétrique ou d'une cophose unilatérale, la stéréophonie est donc mise en péril, parfois même anéantie. La perception des sons aigus par l'oreille la plus performante sera d'autant plus mauvaise que la proximité de la source sonore à l'oreille déficiente sera importante. A titre d'illustration, Harvey FLETCHER, le physicien américain père de la stéréophonie, a montré que l'atténuation de la voix de la personne émettrice située du côté de l'oreille sourde est d'environ 7 dB.

Les personnes souffrant d'une telle perte ont donc de grandes difficultés de compréhension dans les conversations mettant en jeu plusieurs personnes, et à plus fortes raisons dans les milieux bruyants. En effet, les bruits ambiants étrangers aux voix des interlocuteurs parasitent la compréhension à cause de la détérioration de leur stéréoaousie. Cette difficulté de perception est considérablement aggravée lorsque l'oreille la plus performante présente également une certaine déficience de perception dans les hautes fréquences. Malheureusement, cette situation est de fait la plus fréquente.

Le système CROS est une technique d'appareillage dès lors indiqué pour ces personnes.

2.2. Principe de fonctionnement

Afin de pallier de telles asymétries interauriculaires, on rétablit traditionnellement une écoute binaurale symétrique par un appareillage de type monostéréophonique de l'oreille la moins performante. Toutefois, cette technique nécessite que cette dernière puisse être appareillée au moyen d'une aide auditive de type contour d'oreille ou intra-auriculaire, ce qui n'est pas toujours le cas.

Si ce n'est pas possible, il convient dès lors de faire usage d'un système CROS (ou d'une prothèse à ancrage osseux). Le principe de fonctionnement du système CROS est très simple et consiste donc à placer un microphone captant le son au niveau de l'oreille sourde et à transmettre le son amplifié dans l'oreille la plus performante via un embout ouvert.

2.3. Caractéristiques techniques

Le précédent embout présente la particularité de percevoir les sons graves de fréquences inférieures à 800 Hz naturellement et à la fois une amplification des sons aigus. En effet, comme vu précédemment, ce sont bien les sons aigus qui sont absorbés en partie par la tête, alors que les sons graves la contournent et gagnent l'oreille la plus efficace via l'embout ouvert.

2.4. Perspectives thérapeutiques

Si plusieurs types d'appareillage CROS existent, aucun ne prétend à la classe des appareils stéréophoniques car ils ne restaurent pas la stéréoaecousie. Les appareillages simples CROS ne procèdent qu'à un recueil bilatéral du son, suivi d'une stimulation monotique.

Au regard ensuite de l'efficacité du dispositif, on a donc été amené à mesurer le gain d'intelligibilité et le gain prothétique pour chaque fréquence, dans la condition standard

où le patient se situe en-face du haut-parleur de l'audiomètre, mais également dans toutes les autres positions que peut occuper une source sonore.

Par les résultats de ces tests, on a pu prévoir l'éventuelle amélioration de l'intelligibilité que la personne appareillée pourra tirer de son appareillage lorsque l'interlocuteur se présentera du côté de l'oreille la plus déficiente.

L'issue de ces tests étant déterminante, une partie exclusive lui est donc consacrée. Aussi, pour l'introduire, le protocole et le résultat de cette expérience sont l'objet du troisième chapitre.

Chapitre III

Mesure de l'efficacité d'un système CROS appliqué à un implant cochléaire

Après avoir indépendamment conçu système CROS et implant cochléaire, il convient maintenant d'examiner les performances du montage combinant ces deux appareils. Pour y parvenir, on a entrepris d'étudier les résultats d'audiométries vocales comparatives menées en ce sens sur des enfants par un audioprothésiste. Suite à cette expérience, le praticien avait par ailleurs remis un questionnaire aux parents afin de mesurer l'impact au quotidien du port du système CROS sur l'audition de leur enfant implanté (cf. annexe 2). A la description du protocole et des résultats de la batterie de tests initialement menée (I) répondra enfin la présentation du questionnaire post-expérimental et l'interprétation – primordiale – des réponses recueillies (II).

I) Les audiométries vocales comparatives

Le fait d'avoir mené cette expérience sur des enfants n'est pas le fruit du hasard car les plus jeunes représentent, notamment par leurs aptitudes mentales, des sujets de premier plan (1). Après avoir examiné préalablement les caractéristiques des enfants sujets de ce test (2) et de leurs appareils (3), on présentera le protocole (3) et les résultats de ces audiométries successives (4) – résultats consultables en détails à l'annexe 1.

1. Un constat nécessaire : la primauté expérimentale de l'enfant

[16 ; 17]

Le développement du cortex commence au stade embryonnaire et se poursuit au cours de sa croissance. Le cortex n'atteint une structure fixe que vers l'âge de 10 ans. C'est la raison pour laquelle, jusqu'à cet âge, les enfants détiennent des prédispositions exceptionnelles dans tous les domaines impliquant un apprentissage complexe comme le langage écrit, parlé ou musical, en faisant preuve d'une très grande « plasticité » cérébrale.

Cette expression entérinée désigne la capacité plus ou moins présente chez chaque individu à pouvoir réorganiser progressivement et perpétuellement son propre réseau neuronal sous l'influence des stimuli extérieurs. Cette labilité mentale permet entre autres

l'adaptation de l'organisme aux nouvelles circonstances imposées par un traumatisme quelconque.

Ce primat de l'enfant sur l'adulte en matière de plasticité se constate également dans le fait que la jeune personne peut se voir dotée de nouvelles connexions nerveuses vers des régions jusque là non investies, ce que le système nerveux adulte ne parvient normalement pas, ou fort mal, à réaliser. Ainsi, les enfants sourds pourront voir leurs aires cérébrales de l'audition – peu ou non exploitées – colonisées par exemple par le sens de la vue.

Cette primauté expérimentale de l'enfant réside ainsi dans son extraordinaire plasticité cérébrale. En effet, l'enfant fait figure de sujet idéal d'expérience dans tous les domaines ayant trait aux aptitudes cognitives et sensorielles. Le choix d'une expérience menée sur des enfants n'est donc pas un hasard et il présente l'intérêt, dans le cadre de cette étude, de faire intervenir des patients pouvant s'adapter extrêmement vite à tout nouvel appareillage.

L'enfance représente en outre la période charnière durant laquelle les aptitudes de chaque personne se trouveront forgées durablement. Ainsi, c'est lorsqu'ils sont posés au cours de ces premières années d'existence que les divers appareillages sont les plus efficaces. Telles sont les raisons pour lesquels les sujets de cette tranche d'âge présentent un intérêt tout particulier.

2. Informations préliminaires sur les enfants testés

On a mené cette expérience sur 10 enfants dont l'âge moyen était de 10 ans. Le plus jeune avait 8 ans et le plus âgé 15 ans. Tous ces enfants ont déjà suivi le processus traditionnel d'implantation en remplissant toutes les conditions préalables. Ils sont donc, à ce titre, tous atteints de surdités sévères et profondes.

Les sujets de cette expérience sont tous implantés d'une seule oreille avec un appareil de type *Harmony* d'*Advanced Bionics* et utilisent d'une manière générale une aide auditive conventionnelle du côté controlatéral. De plus, ils ont tous pour point commun le fait d'avoir suivi une rééducation orthophonique concluante auparavant. En effet, les bons résultats de cette rééducation les ont rendus capables de répéter des mots sans avoir à

solliciter leur lecture labiale. Ce point est essentiel dans le cadre des tests d'intelligibilité auxquels on les soumettra.

Ce dont se plaignent ces patients réside dans la difficulté à percevoir correctement les sons lorsque la source se situe du côté de la prothèse controlatérale. La compréhension de la parole dans ce contexte est donc très mauvaise. Contrairement à la prothèse controlatérale, c'est l'implant cochléaire qui assure l'essentiel de l'efficacité de la perception. La tête formant un « effet d'ombre » à l'égard des sons provenant du côté controlatéral, le système CROS permet donc de pallier cette difficulté.

3. Informations préliminaires sur les appareils portés

Le système de type CROSLINK de la marque Phonak comporte, d'une part, un émetteur sur l'oreille non implantée et, d'autre part, un récepteur sur l'implant cochléaire.

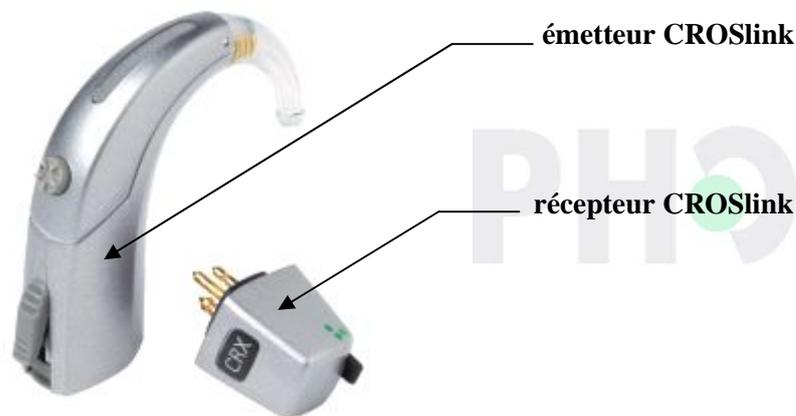


Figure 10 : Photographie du système CROSLINK de Phonak [18]

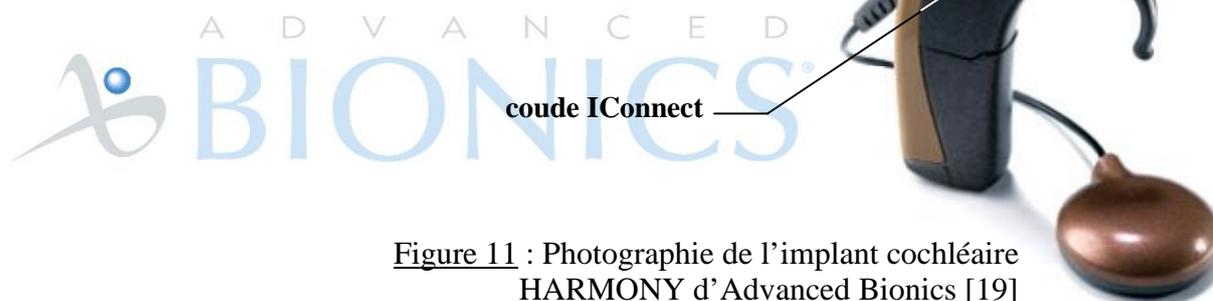


Figure 11 : Photographie de l'implant cochléaire HARMONY d'Advanced Bionics [19]

Dénué de toute liaison filaire, la liaison se fait par hautes fréquences entre l'émetteur et le récepteur branché sur le contour Harmony de Advanced Bionics par le biais du coude i-Connect. Tout est très rapidement adaptable.

On adapte un embout ouvert du côté émetteur et du côté récepteur on garde l'embout d'origine de l'implant cochléaire.

4. Protocole

L'objet de la présente étude est ainsi de poser un système Microlink sur l'oreille controlatérale puis de procéder à des tests immédiats dans le but de mesurer l'amélioration de l'audition par rapport à l'appareillage plus conventionnel dont les sujets étaient équipés.

Tout d'abord, on effectue une audiométrie tonale avec l'implant cochléaire pour visualiser où se situe le niveau de confort auditif de la personne. En l'occurrence, elles sont toutes quasiment similaires, en étant autour de 35 dB sur toutes les fréquences. On procède ensuite à une audiométrie vocale afin de circonscrire les zones optimales d'intelligibilité. Lors de ce test, on se place à un niveau de 60 dB HL afin de reproduire les circonstances de la vie quotidienne et des conversations courantes. En effet, l'intensité moyenne de la parole est de 60 dB, avec une variation de plus ou moins 15 dB, sur une plage de fréquence de 500 à 4000 Hz.

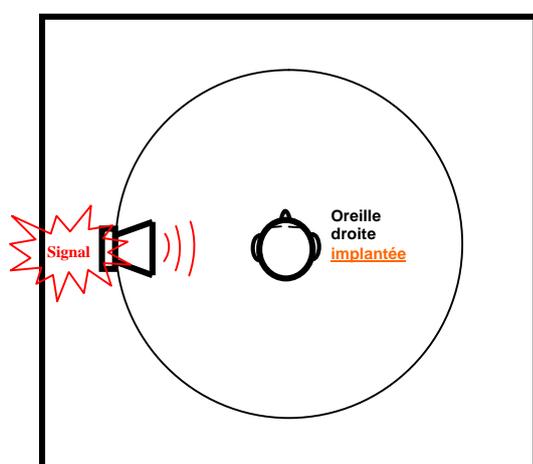
Pour effectuer les tests en champ libre, le patient se situe au centre de la cabine insonorisé. Quatre haut-parleurs chargés d'émettre du bruit (bruit de cocktail) sont symétriquement placés autour de l'auditeur de part et d'autre de ses oreilles, deux en avant et deux en arrière. Un cinquième haut-parleur placé du côté controlatéral de l'implant est chargé d'émettre le signal principal. Ces cinq sources sonores sont situées à égales distances de l'auditeur, environ 1 mètre.

On effectue plusieurs audiométries vocales dans différentes conditions. Pour mener à bien cette expérience, on a utilisé le logiciel *Digivox*. Par ces audiométries vocales, on mesure l'intelligibilité d'une personne en fonction de l'intensité du son perçu.

L'intelligibilité désigne par définition « la qualité de compréhension d'un message linguistique contenu dans un signal de parole ».

Pour réaliser ces tests, on utilise des listes de 17 mots de 3 phonèmes chacun, pour un total de 51 phonèmes. Les listes sont équilibrées phonétiquement et chaque phonème peut correspondre à une erreur. Un phonème mal prononcé ou oublié est comptabilisé comme une erreur mais pas un phonème prononcé en excédent. En l'occurrence, on emploie les listes cochléaires du professeur J.C. LAFON.

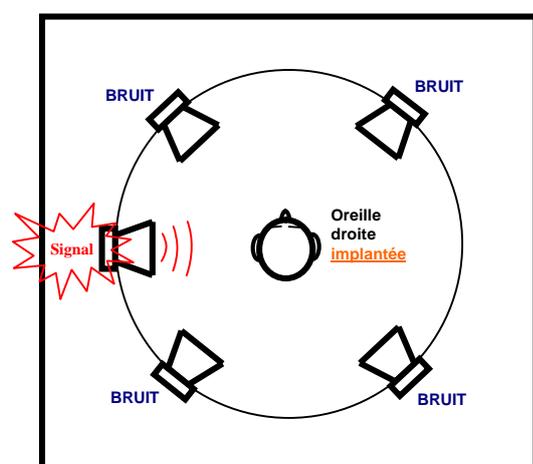
Premier test



Le premier test est effectué dans le silence avec l'implant cochléaire seul. Le haut parleur principal émet donc des mots depuis le côté controlatéral à une intensité de 60 dB.

Figure 12 : Schéma du test avec l'implant cochléaire seul dans le silence

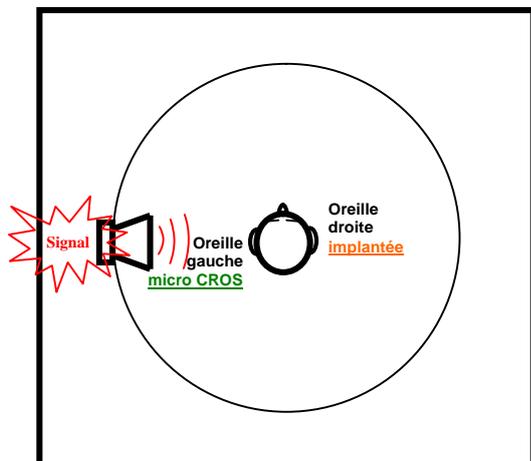
Deuxième test



Le second test, quant à lui, est réalisé dans un milieu bruyant avec l'implant cochléaire seul. Par la suite, on recherche le score le plus proche du premier test en faisant varier le rapport signal/bruit, puisque on n'obtiendra jamais un résultat meilleur que dans le silence.

Figure 13 : Schéma du test avec l'implant cochléaire seul dans le bruit

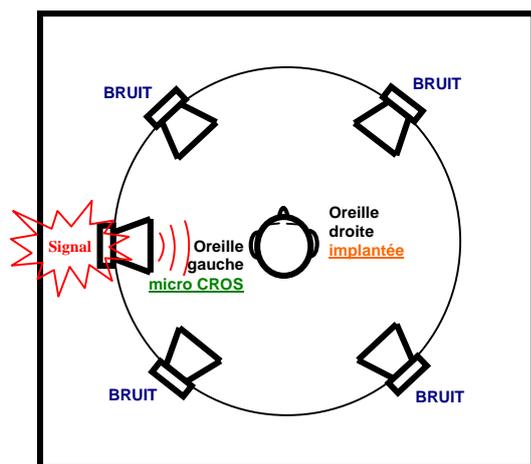
Troisième test



Pour le troisième test, on opère de nouveau dans le silence mais cette fois-ci avec l'implant cochléaire et un CROSLink. Le signal principal est de 60 dB.

Figure 14 : Schéma du test avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le silence

Quatrième test



Enfin, on effectue le quatrième test dans le bruit avec l'implant cochléaire et le CROSLink en recherchant cette fois le score se rapprochant du premier test en faisant de nouveau varier le rapport signal/bruit.

Figure 15 : Schéma du test avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le bruit

5. Interprétation des résultats

Quand on compare le test dans le silence entre l'implant cochléaire seul et l'implant cochléaire complété du système CROSLink, on observe une amélioration significative de l'ordre de 20%. On explique ceci par l'effet d'ombre de la tête. En effet, sans le système CROSLink, les sons provenant du côté de l'oreille faible vont s'atténuer de 7 dB en atteignant le côté opposé, celui de l'oreille implantée.

Dans le bruit, pour les deuxième et quatrième tests, on fait varier le rapport signal/bruit de +8 dB, puis de +10 dB, puis enfin de +12 dB. On observe qu'avec l'implant cochléaire seul, on se rapproche du score du premier test en moyenne à +12 dB alors qu'avec le système CROSLink on s'en approche qu'à partir de + 10 dB. A +8 dB, on observe donc une amélioration de 3,5%. En revanche, à +10 dB, celle-ci passe à 14%. Par ailleurs, sur les dix sujets de cette expérience, trois d'entre eux n'ont pas pu la suivre par le simple fait de l'aléa que présentaient les appareils. En effet, deux mesures ont échoué à cause de parasites entre l'émetteur et le récepteur ; une dernière à cause d'une saturation excessive.

Après cette expérience, on laisse les enfants avec ce système 3 semaines en moyenne. On leur remet un questionnaire à remplir (souvent aux parents) qui concerne les répercussions du nouveau mode d'appareillage sur la vie quotidienne.

II) Le questionnaire de satisfaction

Le questionnaire soumis aux parents de l'enfant appareillé a pour tâche de recueillir des informations cruciales sur les qualités et défauts que présente de fait le système proposé. On peut ainsi mesurer dans quelles mesures le patient a été satisfait ou non de cette nouvelle technique d'appareillage. On exposera dans un premier temps l'énoncé et l'enjeu de chaque question (1), pour enfin former une réponse globale synthétique résumant les réponses des personnes interrogées (2).

1. Détail des questions

1.1. *Sur la durée d'acceptation*

La première question permet de savoir le temps mis par la personne appareillée pour « accepter » ce nouveau système. « Accepter » signifie ici rendre véritablement sien le nouveau dispositif en recouvrant un confort optimal dans lequel le patient ne ressent presque plus l'appareil ou au moins autant qu'il ne ressentait l'ancien. Cette phase

cruciale passe donc par l'adaptation des sens de la personne à la nouvelle technologie du système posé et aux nouvelles contraintes qui y sont associées. Cette étape consiste donc à passer d'une perception binaurale, où les deux oreilles captent l'information sonore, à une perception monaurale, par laquelle une seule oreille – du côté de l'implant cochléaire – n'est active. Or, quitter la binauralité est souvent une cause de gêne de nature à entraver cette acceptation.

1.2. Sur la qualité de l'ergonomie

La seconde question permet de jauger l'efficacité de l'ergonomie, de la morphologie de l'appareil auditif via le témoignage du patient. C'est en effet la forme et les propriétés matérielles du système posé qui sont déterminantes dans la détermination du confort qu'il sera en mesure de fournir. Ainsi, les deux paramètres fondamentaux sont la taille et le poids de l'appareil. Un appareil trop lourd crée une gêne physique et motrice importante. En revanche, une aide auditive trop volumineuse n'induit très souvent pas de gêne physique mais une gêne psychologique. En effet, savoir que l'on porte un dispositif particulièrement visible, presque exubérant, est régulièrement source de mal-être chez la personne appareillée.

1.3. Sur la fréquence d'utilisation

La troisième question renseigne sur la fréquence d'utilisation du système. Celle-ci peut avoir été permanente, intermittente ou nulle. Dans la première éventualité, cela signifie que non seulement aucune gêne particulière n'a fait *a priori* irruption, mais, surtout, que le système posé est utile tout au long de la journée et quelle que soit l'activité de la personne. En revanche, si le temps de port des appareils n'est qu'intermittent, cela signifie sans doute que l'aide auditive était d'un intérêt moindre voir nul dans certaines circonstances de la vie quotidienne. En effet, parfois, le mauvais rapport amélioration auditive/gêne physique occasionnée aboutit, selon le contexte et la personne, à vouloir quitter au moins transitoirement ses appareils. Enfin, si le système n'a quasiment jamais été porté, il est clair que soit la gêne physique occasionnée était trop désagréable, soit le rapport amélioration auditive/gêne physique occasionnée était de manière permanente en

défaveur du port des appareils, même si l'audition du patient se trouvait significativement améliorée.

1.4. Sur les lieux d'utilisation

La quatrième question complète la troisième en permettant de prendre connaissance des occasions pendant lesquelles étaient portés le système, dans l'éventualité d'une utilisation intermittente de ceux-ci. Ce questionnaire s'adressant aux enfants, les principaux lieux fréquentés par ces derniers sont presque exclusivement décrits par le lieu d'étude (l'école), le lieu de vie (la maison) et ceux destinés aux loisirs (souvent en extérieur). En trois localisations simples, on peut ainsi parvenir à circonscrire rapidement et efficacement le champ d'efficacité des prothèses auditives.

1.5. Sur l'éventuelle fatigue occasionnée

En cinquième lieu, on vient à demander au parent comment il perçoit la fatigue de son enfant en fin de journée. Si celle-ci est élevée, cela signifie donc que l'enfant est contraint à forcer sa concentration tout au long de la journée afin de pouvoir percevoir et comprendre les sons qui lui parviennent.

1.6. Sur l'amélioration du comportement à l'école

Ensuite, la sixième question porte sur les améliorations notables du comportement de l'enfant lorsqu'il est en cours. Trois paramètres sont dès lors fondamentaux. Tout d'abord : l'attention. C'est la capacité ici à focaliser son ouïe et sa pensée sur une voix ou un objet particulier. On sait de manière certaine qu'un enfant malentendant tendra à se dissiper et à s'isoler. Ensuite : la participation. Elle est le témoin de l'activité cognitive efficace de l'enfant, capable d'exprimer sa pensée dans un auditoire, avec lequel il veut interagir. Enfin : la compréhension est l'indice principal, de loin le plus probant puisqu'il établit de manière univoque l'état et l'éventuelle amélioration de la capacité à rendre notamment intelligible la voix du professeur.

1.7. Sur l'amélioration de la perception au quotidien

La question sept est chargée quant à elle de mesurer la qualité générale de perception dans diverses situations de la vie quotidienne, appréciation aussi bien positives que négatives. Une suite de 10 situations y figure, dont celles classiques qui sont lorsque l'enfant suit la télévision, joue de la musique ou assiste à un repas de famille...

1.8. Sur la durée d'autonomie énergétique

Les questions huit, neuf et dix sont similaires et ont chacune trait à l'aspect énergétique de l'appareil. Les paramètres relevés sont la durée des batteries selon que l'implant cochléaire est équipé seul ou avec le micro CROSlink et la durée d'une pile du précédent micro et du coude iConnect.

1.9. Sur l'intention éventuelle de conserver le système CROSlink

La onzième question interroge directement le parent sur son éventuelle intention de poursuivre l'utilisation du système CROSlink, de manière permanente ou intermittente, dans le but de constater de manière brute le succès du système.

1.10. Sur d'éventuels troubles de l'équilibre occasionnés

La douzième question soulève l'éventualité d'une modification de l'équilibre induite par le port du système CROSlink. Toutefois aucun trouble de l'équilibre ne devrait normalement survenir par ce type d'appareillage.

1.11. Sur la modification de la localisation spatiale

L'avant dernière question porte sur l'influence du système CROSlink sur la localisation des sons. Etant donné que cette capacité à situer les sources sonores est anéantie par un mode appareillage instaurant ainsi une audition monaurale, la réponse théorique devrait mettre en évidence une localisation inexistante. Néanmoins, cette question présente l'intérêt de comparer ce pouvoir de localisation avant et après la mise en place du nouveau type appareillage.

1.12. *Sur les appréciations générales et suggestions du patient*

Enfin, la dernière question est très générale et demande aux parents de mentionner les points positifs et négatifs du système dont vient d'être équipé son enfant. En faisant le bilan de ces éléments, on invite ainsi la personne à émettre un avis quant aux éventuelles améliorations à apporter à ce système.

2. Synthèse des réponses

Tout d'abord, les personnes interrogées ont mis en évidence que la durée d'acceptation du système n'était jamais immédiate et excédait souvent les 24 heures. Cependant, aucune fatigue en fin de journée n'était à relever. Le système CROSLink ne soumet donc pas l'audition à une surcharge particulière. Toutefois, concernant l'ergonomie de l'appareil, presque tous les enfants ont relevé le caractère trop lourd ou trop volumineux du système, *a fortiori* pour un port permanent.

Le questionnaire a montré que la durée d'utilisation était très variable selon les enfants. Ceux-ci, dans des proportions égales, portaient soit le système de manière permanente, soit de manière intermittente. Dans cette dernière éventualité, l'école était alors le lieu principal d'utilisation du système.

En effet, c'est à l'école que l'on a pu constater un apport, modeste mais significatif, du système CROSLink par rapport à l'aide auditive controlatérale conventionnelle. Si le questionnaire a mis en évidence une amélioration assez discrète de l'attention et de la participation en classe, il a consacré une amélioration non négligeable de la compréhension. Ce résultat était assez prévisible puisqu'il corrobore directement les conclusions des tests en cabine.

Au regard de l'aspect énergétique des appareils, lorsque l'on compare l'utilisation de l'implant cochléaire seul avec celui-ci complété du système CROSLink, on n'observe pas de différence, une pile durant environ une journée. Enfin, concernant les piles iConnect, leur durée de vie mesurée est d'une semaine et, pour le micro CROSLink, de deux

semaines en moyenne lorsque l'utilisation est permanente. Cette durée est la même que pour les aides auditives conventionnelles.

Finalement, lorsque l'on demande aux patients s'ils veulent poursuivre l'utilisation du système CROSlink, la plupart répondent négativement, et souvent parce qu'ils ne supportent pas l'audition monaurale. Une autre raison déterminante est qu'ils préfèrent tous la technologie FM employée à l'école. Certains aimeraient toutefois conserver le système CROSlink afin de le porter par intermittence, dans certaines conditions seulement. Le système FM consiste à capter la voix de la personne qui parle par le microphone de l'émetteur porté. Les ondes radio font ensuite transiter le message sans fil à l'auditeur, qui porte un récepteur FM.

En définitive, les enfants équipés de ce mode d'appareillage ne supportent pas la gêne physique et l'absence de stéréophonie occasionnées, malgré l'amélioration de la compréhension. Comme vu précédemment, le problème réside dans l'insuffisance du rapport amélioration auditive/gêne physique occasionnée, qui conduit les jeunes patients à préférer leur ancien appareillage conventionnel.

La lecture des observations générales émises à la fin du questionnaire amène à constater une réponse univoque : malgré une amélioration perceptible de la compréhension, l'écoute monaurale empêchant la localisation des sources sonores et le caractère encombrant et inesthétique de l'appareil font que le système CROSlink reste une technologie appelée à être améliorée, ne parvenant pas aujourd'hui à satisfaire les exigences des personnes auxquels il est destiné.

Conclusion

Le système CROS sur implant cochléaire n'est aujourd'hui pas abouti.

Il faudrait remanier l'ergonomie de la partie externe de l'implant ainsi que celle du récepteur Microlink. Par ailleurs, on parvient aujourd'hui à prolonger certains appareils auditifs par le tiroir pile pour y insérer un récepteur HF, à l'image du « *Microlink Freedom* » de *Phonak* avec l'implant cochléaire « *Freedom* » de *Cochlear*, qui est compatible avec tous les émetteurs *Phonak*. Il serait ainsi fort utile de fondre en un même appareil les fonctionnalités du système CROS sur l'implant cochléaire et de la technologie HF.

Outre cela, tempérament aux inconvénients du dispositif, il faut conserver à l'esprit que les enfants, avant l'expérience présentée, avaient l'habitude de leur prothèse controlatérale conventionnelle, ce qui leur conférait une stéréophonie plus ou moins bonne. Le fait de leur avoir retiré cette audition binaurale a créé pour la plupart des modifications de leurs perceptions difficilement supportables.

De plus, un des problèmes majeurs soulevés par le système CROS réside dans le fait qu'écouter d'une seule oreille n'est pas anodin pour l'oreille faible inactive. Ceci implique que l'oreille faible va tendre à périlcliter par une absence de stimulation totale et prolongée. Ce déséquilibre de stimulation peut avoir des conséquences irréversibles. En effet, le cerveau souffrira de grandes difficultés à s'adapter si l'on venait à solliciter de nouveau l'oreille faible, les aires auditives correspondantes ayant pu être colonisées par d'autres sens.

Il conviendrait également de remédier aux problèmes de liaison HF survenant entre l'émetteur et le récepteur.

Quoiqu'il en soit, le système CROS appliqué à l'implant cochléaire est un dispositif qui, malgré ces défauts majeurs pour certains, conservera toujours un intérêt presque

providentiel pour ceux ne tirant plus aucun bénéfice de leurs prothèses controlatérales ou possédant une oreille inappareillable.

Bibliographie

1. Site Internet : <http://dangersduson.free.fr/> (avril 2010)
2. P. CAMPO
Cours d'audiologie, diplôme d'état d'audioprothèse
Université de Nancy I, juin 2010
3. L. VERGNON
L'audition dans le Chaos
Edition Elsevier Masson 2008
 - a) p. 35-36
 - b) p. 39-46
 - c) p. 49-65
 - d) p. 146
4. P. BONFILS, J.M. CHEVALIER
Anatomie ORL
Edition Flammarion Médecine-Sciences 1998
 - a) p. 309
 - b) p. 321
5. Site Internet : <http://expressiongeneraliste.chez.com/> (mai 2010)
6. J.F. VIBERT, A. SEBILLE, M.C. LAVALLAR-ROUSSEAU, F. BOUREAU
Neurophysiologie
De la physiologie à l'exploration fonctionnelle
Edition Elsevier 2005
p. 63-64
7. L. COLLET, H. THAI VAN, E. VEUILLET, B. PHILIBERT, O. STERKERS
Nouvelles données en Audiologie & Appareillage stéréophonique
Edition Les monographies amplifon, numéro 36, 2004
p. 67
8. Site Internet :
http://www.cochleefrance.fr/documents/moniteur_hospitalier.pdf (mai 2010)
9. Site Internet : <http://www.biap.org/> (mai 2010)

10. Site Internet : <http://www.cochlear.fr/> (mai 2010)
11. Site Internet : <http://nucleus5.cochlear.com/uk> (mai 2010)
12. Site Internet : <http://www.doof.nl/plaatjes/user/nucleus5.jpg> (mai 2010)
13. *Les surdités de la prothèse à l'implant*
Edition Les monographies amplifon, numéro 33
14. J.C. AUDRY, B. AZEMA, J. BANCONS, E. BIZAGUET, G. BIZAGUET, R. CARLE, D. CHEVILLARD, A. COEZ, C. DAGAIN, R. DE BOCK, F. DEGOVE, J. DEHAUSSY, J.P. DUPRET, J. DURIVAUT, M. C. ELCABACHE, P. ESTOPPEY, R. FAGGIANO, J.P. FOURNIER, T. GARNIER, A. GRAFF, E. HANS, J.M. HOSTAU PORTA, F. LEFEVRE, F. LE HER, B. LUCARELLI, J. MARTINEZ SAN JOSE, J. MONIER, M. NICOT-MASSIAS, J. OLD, G. PEIX, M. RAINVILLE, X. RENARD, T. RENGLLET, C. SANGUY, C. SCHWOB, J. VAYSETTE, P. VEIT, J.F. VESSON, B. VIROLE
Précis d'Audioprothèse tome I
L'appareillage de l'adulte
Le Bilan d'Orientation Prothétique
Edition Collège National d'Audioprothèse, 2007, p. 63
15. B. AZEMA, E. BIZAGUET, D. CHEVILLARD, C. DAGAIN, J. DEHAUSSY, L. DODELE, D. DODELE, J.P. DUPRET, P. ESTOPPEY, R. FAGGIANO, G. GERBAUD, E. HANS, F. LEFEVRE, F. LE HER, J. MONIER, M. NICOT-MASSIAS, C. SCHWOB, J. VAYSETTE, J.F. VESSON
Précis d'Audioprothèse tome III
L'appareillage de l'adulte
Le Contrôle d'efficacité Prothétique
Edition Collège National d'Audioprothèse, 2007
p. 146
16. Site Internet : <http://plasticite-cerebrale.tripod.com/> (juillet 2010)
17. Site Internet : <http://www.em-consulte.com/> (mai 2010)
18. Site Internet : <http://www.phonak.com/> (mai 2010)
19. Site Internet : <http://www.bionicear-europe.com/> (juin 2010)
20. Site Internet : <http://www.legifrance.gouv.fr/> (septembre 2010)

Annexe 1

Résultats des tests audiométriques

Enfant A

Premier test : avec l'implant cochléaire seul dans le silence

beurre	0
rude	1
fane	0
lange	0
figue	2
latte	1
mousse	1
pic	0
laine	1
patte	1
ronge	2
selle	1
menthe	0
vieux	1
bis	1
chape	1
14	

Deuxième test : avec l'implant cochléaire seul dans le bruit

+8 dB	+10 dB	+12 dB	Signal/bruit		
bile	2	rôle	1	abbé	1
dors	3	fente	1	sud	1
sage	3	tige	1	fausse	1
gaine	3	grain	3	joute	1
fil	3	cave	1	dogue	1
cru	3	bulle	0	acquis	1
boule	1	somme	1	ville	0
cale	3	maine	2	mare	3
bonne	3	preux	1	noce	0
rive	3	bord	0	appas	1
sol	3	rouille	0	route	2
tempe	3	rouille	3	cil	1
tempe	2	oser	1	fête	0
fauve	2	site	3	veule	1
phase	1	bouée	3	chaise	2
mule	3	sauve	0	bâche	1
chatte	3	chance	3		
44		24		17	

Troisième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le silence

ride	0
phoque	1
agi	1
vague	2
croc	0
lobe	0
mieux	1
natte	2
col	0
buée	1
fort	0
soupe	0
tonte	1
vêles	1
nage	0
souche	1
	11

Amélioration de 21% avec le système CROS (premier test)

Quatrième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le bruit

+8 dB +10 dB Signal/bruit

balle	1	bille	0
soude	1	doute	1
mur	3	faine	1
nef	1	longe	0
change	2	gave	1
gage	1	seul	1
trou	1	ami	0
mal	3	tasse	1
tonne	1	chaîne	1
peur	3	pré	0
rampe	1	sur	3
puce	1	crin	1
cor	2	vol	0
vite	1	front	3
rance	3	ruse	1
mouche	1	louche	1
	0		2
	26		17

+8 dB :
Dégradation de 41% avec le système CROS (deuxième test)

+10 dB :
Amélioration de 25% avec le système CROS (deuxième test)

Enfant B

Premier test : avec l'implant cochléaire seul dans le silence

beurre	0
rude	0
fane	0
lange	0
figue	2
latte	1
mousse	0
pic	0
laine	3
patte	2
ronge	2
ronge	0
selle	2
menthe	0
vieux	3
bis	0
chape	1
16	

Deuxième test : avec l'implant cochléaire seul dans le bruit

+8 dB		+10 dB		+12 dB		Signal/bruit
bile	3	rôde	2	abbé	1	
dors	1	fente	1	sud	1	
sage	1	tige	3	fausse	0	
gaine	0	grain	0	joute	1	
fil	3	cave	1	dogue	0	
cru	1	bulle	1	acquis	0	
boule	3	somme	3	ville	1	
cale	1	maine	1	mare	0	
bonne	1	preux	1	noce	1	
rive	3	bord	1	appas	3	
sol	0	rouille	3	route	0	
tempe	3	rouille	2	route	3	
fauve	3	oser	0	cil	0	
phase	0	site	1	fête	1	
mule	1	bouée	1	veule	1	
chatte	1	sauve	0	chaise	1	
	0	chance	1	bâche	1	
25		22		15		

Troisième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le silence

ride	0
phoque	1
agi	1
vague	0
croc	0
lobe	1
mieux	0
natte	3
col	0
buée	0
fort	2
soupe	0
tonte	0
vêles	2
nage	0
souche	2
	0
	12

Amélioration de 25% avec le système CROS (premier test)

Quatrième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le bruit

+8 dB +10 dB Signal/bruit

balle	2	bille	0
soude	1	doute	1
mur	0	faine	1
nef	1	longe	1
change	0	gave	1
gage	1	seul	1
trou	0	ami	0
mal	2	tasse	1
tonne	1	tasse	1
peur	2	chaîne	0
rampe	2	pré	1
puce	3	sur	3
cor	1	crin	0
vite	1	vol	0
rance	3	front	1
mouche	0	ruse	1
		louche	3
	21		16

+8 dB :
Amélioration de 16% avec le système CROS (deuxième test)

+10 dB :
Amélioration de 27% avec le système CROS (deuxième test)

Enfant C

Premier test : avec l'implant cochléaire seul dans le silence

beurre	0
rude	0
fane	2
lange	1
figue	0
latte	1
mousse	0
pic	0
laine	2
patte	0
ronge	2
selle	0
menthe	0
vieux	0
bis	3
chape	1
12	

Deuxième test : avec l'implant cochléaire seul dans le bruit

+8 dB		+10 dB		+12 dB		Signal/bruit
bile	1	rôle	1	abbé	1	
dors	0	fente	0	sud	1	
sage	1	tige	1	fausse	0	
gaine	1	grain	2	joute	2	
fil	2	cave	1	dogue	1	
cru	2	bulle	2	acquis	2	
boule	1	somme	1	ville	1	
cale	0	maine	1	mare	1	
bonne	0	preux	1	noce	1	
rive	2	bord	0	appas	0	
sol	1	bord	3	route	3	
tempe	1	rouille	1	route	0	
fauve	1	oser	1	cil	0	
phase	2	site	2	fête	1	
mule	1	bouée	0	veule	1	
chatte	1	sauve	0	chaise	0	
	0	chance	1	bâche	1	
17		18		16		

Troisième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le silence

ride	0
phoque	1
agi	0
vague	1
croc	0
lobe	1
mieux	1
natte	1
col	0
buée	0
fort	0
soupe	2
tonte	0
vêles	1
nage	1
souche	1
	11

Amélioration de 8% avec le système CROS (premier test)

Quatrième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le bruit

+8 dB		+10 dB		Signal/bruit
balle	1	bille	0	
soude	1	doute	1	
mur	0	faine	0	
nef	2	longe	2	
change	0	gave	1	
gage	1	seul	1	
trou	3	ami	0	
mal	1	tasse	0	
tonne	1	tasse	1	
peur	3	chaîne	0	
rampe	1	pré	1	
puce	2	sur	3	
cor	2	crin	1	
vite	1	vol	1	
rance	1	front	2	
mouche	0	ruse	1	
	0	louche	2	
	21		17	

+8 dB :
Dégradation de 24% avec le système CROS (deuxième test)

+10 dB :
Amélioration de 5% avec le système CROS (deuxième test)

Enfant D

Premier test : avec l'implant cochléaire seul dans le silence

beurre	0
rude	0
fane	1
lange	2
figue	0
latte	0
mousse	0
pic	1
laine	1
patte	0
ronge	1
selle	0
menthe	0
vieux	1
bis	0
chape	1
	9

Deuxième test : avec l'implant cochléaire seul dans le bruit

+8 dB		+10 dB		+12 dB		Signal/bruit
bile	1	rôle	2	abbé		
dors	1	fente	0	sud		
sage	1	tige	1	fausse		
gaine	2	grain	1	joute		
fil	1	cave	0	dogue		
cru	0	bulle	0	acquis		
boule	0	somme	1	ville		
cale	0	maine	0	mare		
bonne	1	preux	0	noce		
rive	2	bord	0	appas		
sol	1	rouille	0	route		
tempe	1	oser	0	cil		
fauve	2	site	0	fête		
phase	0	bouée	1	veule		
mule	1	sauve	1	chaise		
chatte	0	chance	1	bâche		
	14		9			

Troisième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le silence

ride	0
phoque	0
agi	1
vague	0
croc	0
lobe	0
mieux	1
natte	1
col	0
buée	1
fort	0
soupe	0
tonte	1
vêles	1
nage	0
souche	0
	6

Amélioration de 33% avec le système CROS (premier test)

Quatrième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le bruit

+8 dB +10 dB Signal/bruit

balle	0	bille	1
soude	0	doute	1
mur	0	faine	0
nef	0	longe	0
change	1	gave	1
gage	2	seul	1
trou	0	ami	0
mal	0	tasse	1
tonne	2	chaîne	0
peur	1	pré	1
rampe	1	sur	0
puce	0	crin	0
cor	1	vol	1
vite	1	front	0
rance	0	ruse	1
mouche	1	louche	0
	11		8

+8 dB :
Amélioration de 21% avec le système CROS (deuxième test)

+10 dB :
Amélioration de 11% avec le système CROS (deuxième test)

Enfant E

Premier test : avec l'implant cochléaire seul dans le silence

beurre	0
rude	0
fane	2
lange	0
figue	1
latte	0
mousse	1
pic	0
laine	1
patte	0
ronge	2
selle	0
menthe	2
vieux	1
bis	1
chape	0
	2
	13

Deuxième test : avec l'implant cochléaire seul dans le bruit

+8 dB		+10 dB		+12 dB		Signal/bruit
bile	1	rôde	0	abbé	0	
dors	3	fente	1	sud	0	
sage	2	tige	0	fausse	1	
gaine	0	grain	2	joute	1	
fil	0	cave	1	dogue	2	
cru	1	bulle	2	acquis	2	
boule	0	somme	0	ville	0	
cale	3	maine	3	mare	0	
bonne	3	preux	0	noce	0	
rive	1	bord	3	appas	1	
sol	0	rouille	0	route	0	
tempe	2	oser	1	cil	1	
tempe	1	oser	0	cil	1	
fauve	0	site	0	fête	0	
phase	1	bouée	1	veule	1	
mule	0	sauve	0	chaise	2	
chatte	2	chance	2	bâche	2	
	20		16		14	

Troisième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le silence

ride	0
phoque	1
agi	0
vague	0
croc	0
lobe	3
mieux	0
natte	2
col	0
buée	0
fort	1
soupe	0
tonte	0
vêtle	2
nage	0
souche	1
	10

Amélioration de 23% avec le système CROS (premier test)

Quatrième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le bruit

+8 dB **+10 dB Signal/bruit**

balle	2	bille	1
soude	0	doute	2
mur	1	faine	1
nef	0	longe	1
change	3	gave	1
gage	1	seul	0
trou	0	ami	0
mal	2	asse	2
tonne	0	chaîne	2
peur	1	pré	1
rampe	1	sur	0
puce	0	crin	0
cor	2	vol	1
vite	0	front	0
rance	1	ruse	0
mouche	3	louche	0
	2		1
	19		13

+8 dB :
Amélioration de 5% avec le système CROS (deuxième test)

+10 dB :
Amélioration de 18% avec le système CROS (deuxième test)

Enfant F

Premier test : avec l'implant cochléaire seul dans le silence

beurre	0
rude	1
fane	1
lange	1
figue	0
latte	1
mousse	0
pic	0
laine	2
patte	1
ronge	1
selle	0
menthe	1
vieux	2
bis	2
chape	0
	14

Deuxième test : avec l'implant cochléaire seul dans le bruit

+8 dB		+10 dB		+12 dB		Signal/bruit
bile	0	rôle	1	abbé		
dors	1	fente	0	sud		
sage	1	tige	1	fausse		
gaine	1	grain	2	joute		
fil	1	cave	3	dogue		
cru	1	bulle	1	acquis		
boule	1	somme	1	ville		
cale	1	maine	1	mare		
bonne	2	preux	1	noce		
rive	0	bord	2	appas		
sol	3	rouille	2	route		
tempe	1	rouille	1	cil		
fauve	1	oser	0	fête		
phase	3	site	1	veule		
mule	1	bouée	1	chaise		
chatte	0	sauve	1	bâche		
	1	chance	0			
	19		19			

Troisième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le silence

ride	0
phoque	0
agi	2
vague	0
croc	1
lobe	0
mieux	0
natte	0
col	1
buée	1
fort	0
soupe	1
tonte	2
vêtle	1
nage	1
souche	1
	11

Amélioration de 21% avec le système CROS (premier test)

Quatrième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le bruit

+8 dB		+10 dB		Signal/bruit
balle	1	bille	0	
soude	1	doute	1	
mur	0	faine	2	
nef	2	longe	0	
change	0	gave	2	
gage	2	seul	2	
trou	0	ami	0	
mal	2	tasse	0	
tonne	2	chaîne	3	
peur	2	chaîne	3	
rampe	2	pré	0	
puce	3	sur	0	
cor	0	crin	1	
vite	0	vol	0	
rance	3	front	1	
mouche	2	ruse	0	
	1	louche	2	
	23		17	

+8 dB :
Dégradation de 21% avec le système CROS (deuxième test)

+10 dB :
Amélioration de 10% avec le système CROS (deuxième test)

Enfant G

Premier test : avec l'implant cochléaire seul dans le silence

beurre	0
rude	2
fane	1
lange	2
figue	0
latte	1
mousse	2
pic	0
laine	1
patte	3
ronge	1
selle	1
menthe	1
vieux	2
bis	3
chape	1
20	

Deuxième test : avec l'implant cochléaire seul dans le bruit

+8 dB	+10 dB	+12 dB	Signal/bruit		
bile	2	rôle	1	abbé	
dors	1	fente	1	sud	
sage	1	tige	0	fausse	
gaine	2	grain	1	joute	
fil	1	cave	3	dogue	
cru	1	bulle	2	acquis	
boule	1	somme	1	ville	
cale	1	maine	1	mare	
bonne	1	preux	1	noce	
rive	2	bord	1	appas	
sol	0	rouille	2	route	
tempe	3	oser	2	cil	
fauve	1	site	1	fête	
phase	3	bouée	1	veule	
mule	3	sauve	2	chaise	
chatte	1	chance	2	bâche	
25		23			

Troisième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le silence

ride	0
phoque	2
agi	1
vague	2
croc	1
lobe	0
mieux	1
natte	2
col	0
buée	1
fort	0
fort	2
soupe	1
tonte	3
vêtle	1
nage	1
souche	1
	19

Amélioration de 13,5% avec le système CROS (premier test)

Quatrième test : avec l'implant cochléaire équipé d'un système CROS dans le bruit

+8 dB +10 dB Signal/bruit

balle	1	bille	0
soude	2	doute	1
mur	3	faine	2
nef	1	longe	0
change	2	gave	1
gage	2	seul	1
trou	1	ami	1
mal	3	tasse	1
tonne	1	chaîne	1
peur	2	pré	3
rampe	2	sur	2
puce	1	crin	1
cor	2	vol	1
vite	1	front	3
rance	3	ruse	1
mouche	1	louche	2
	0		2
	28		22

+8 dB :
Dégradation de 12% avec le système CROS (deuxième test)

+10 dB :
Amélioration de 4% avec le système CROS (deuxième test)

Annexe 2

Résultats du questionnaire de satisfaction

Questionnaire soumis

Nom de l'enfant : _____

I. Acceptation du système ?

Immédiate

Dans les 24 heures

A nécessité > 24 heures

II. Ergonomie du système ?

Acceptable

Système trop lourd

Système trop gros

III. Durée d'utilisation du système ?

Permanente

Intermittente

Abandon rapide

IV. Si durée d'utilisation intermittente, dans quelle(s) occasion(s) ?

A l'école

A la maison

Pour les loisirs

V. En fin de journée, avec l'utilisation du CROS, comment jugez-vous la fatigue de votre enfant ?

Plus fatigué

Pas de modification notable

Moins fatigué

VI. Au niveau de la classe, le professeur a-t-il noté des changements concernant :

	Moins bien	Pareil	Mieux
L'attention			
La participation			
La compréhension			

VII. Diriez-vous que l'utilisation du système CROS modifie les perceptions (quantité/qualité) de votre enfant dans les situations suivante :

	Moins bien		Pareil	Mieux	
	--	-		+	++
En classe					
Avec l'orthophoniste					
Devant la télévision					
Pour la musique					
Dans un repas de famille					
Perception dans le silence					
Compréhension dans le silence					
Perception dans le bruit					
Compréhension dans le bruit					
Activité extérieure					
Autres (préciser)					

VIII. Sur le plan de la durée des batteries, quelle est la durée moyenne avec :

Implant seul _____

Implant et système CROS _____

IX. Quelle est la durée moyenne d'une pile de iConnect ? _____

X. Quelle est la durée moyenne d'une pile pour le micro CROS ? _____

XI. Souhaitez-vous poursuivre l'utilisation du système CROS ?

En permanence

Dans certaines situations _____ lesquelles ? _____

XII. Votre enfant a-t-il signalé des modifications de son équilibre lorsqu'il utilisait le système CROS ? _____

XIII. La localisation des sons par votre enfant vous semble-t-elle, avec le système CROS :

Moins bonne

Non modifiée

Améliorée

XIV. Vos observations sur les points positifs et négatifs du système. Que faudrait-il améliorer ?

Merci de votre participation et de votre aide.

Réponses recueillies

Enfant A

I. Acceptation du système ?

Immédiate	
Dans les 24 heures	X
A nécessité > 24 heures	

II. Ergonomie du système ?

Acceptable	
Système trop lourd	X
Système trop gros	

III. Durée d'utilisation du système ?

Permanente	
Intermittente	X
Abandon rapide	

IV. Si durée d'utilisation intermittente, dans quelle(s) occasion(s) ?

A l'école	
A la maison	X
Pour les loisirs	

V. En fin de journée, avec l'utilisation du CROS, comment jugez-vous la fatigue de votre enfant ?

Plus fatigué	
Pas de modification notable	X
Moins fatigué	

VI. Au niveau de la classe, le professeur a-t-il noté des changements concernant :

	Moins bien	Pareil	Mieux
L'attention		X	
La participation		X	
La compréhension			X

VII. Diriez-vous que l'utilisation du système CROS modifie les perceptions (quantité/qualité) de votre enfant dans les situations suivante :

	Moins bien		Pareil	Mieux	
	--	-		+	++
En classe				☒	
Avec l'orthophoniste			☒		
Devant la télévision			☒		
Pour la musique				☒	
Dans un repas de famille			☒		
Perception dans le silence		☒			
Compréhension dans le silence			☒		
Perception dans le bruit			☒		
Compréhension dans le bruit			☒		
Activité extérieure					
Autres (préciser)					

VIII. Sur le plan de la durée des batteries, quelle est la durée moyenne avec :
 Implant seul 1 jour
 Implant et système CROS 1 jour

IX. Quelle est la durée moyenne d'une pile de iConnect ? 1 semaine

X. Quelle est la durée moyenne d'une pile pour le micro CROS ? 1 semaine

XI. Souhaitez-vous poursuivre l'utilisation du système CROS ? **Non**
 En permanence
 Dans certaines situations lesquelles ? _____

XII. Votre enfant a-t-il signalé des modifications de son équilibre lorsqu'il utilisait le système CROS ? Non

XIII. La localisation des sons par votre enfant vous semble-t-elle, avec le système CROS :

Moins bonne C'est pour cela que mon enfant a remis sa prothèse à gauche
 Non modifiée
 Améliorée

XIV. Vos observations sur les points positifs et négatifs du système. Que faudrait-il améliorer ?

Il faudrait créer une prothèse qui fasse micro et système CROS. Mon enfant ne supporte pas de ne pas entendre de son oreille non implantée. Absence de batterie de secours.

Enfant B

I. Acceptation du système ?

Immédiate	X
Dans les 24 heures	
A nécessité > 24 heures	

II. Ergonomie du système ?

Acceptable	
Système trop lourd	
Système trop gros	X

III. Durée d'utilisation du système ?

Permanente	X
Intermittente	
Abandon rapide	

IV. Si durée d'utilisation intermittente, dans quelle(s) occasion(s) ?

A l'école	X
A la maison	
Pour les loisirs	

V. En fin de journée, avec l'utilisation du CROS, comment jugez-vous la fatigue de votre enfant ?

Plus fatigué	
Pas de modification notable	X
Moins fatigué	

VI. Au niveau de la classe, le professeur a-t-il noté des changements concernant :

	Moins bien	Pareil	Mieux
L'attention		X	
La participation		X	
La compréhension			X

VII. Diriez-vous que l'utilisation du système CROS modifie les perceptions (quantité/qualité) de votre enfant dans les situations suivante :

	Moins bien		Pareil	Mieux	
	--	-		+	++
En classe					<input checked="" type="checkbox"/>
Avec l'orthophoniste				<input checked="" type="checkbox"/>	
Devant la télévision				<input checked="" type="checkbox"/>	
Pour la musique					<input checked="" type="checkbox"/>
Dans un repas de famille				<input checked="" type="checkbox"/>	
Perception dans le silence					<input checked="" type="checkbox"/>
Compréhension dans le silence				<input checked="" type="checkbox"/>	
Perception dans le bruit				<input checked="" type="checkbox"/>	
Compréhension dans le bruit					<input checked="" type="checkbox"/>
Activité extérieure					<input checked="" type="checkbox"/>
Autres (préciser)					

VIII. Sur le plan de la durée des batteries, quelle est la durée moyenne avec :
 Implant seul 11 heures
 Implant et système CROS 11 heures

IX. Quelle est la durée moyenne d'une pile de iConnect ? Encore non changée

X. Quelle est la durée moyenne d'une pile pour le micro CROS ? Changés après 13 jours

XI. Souhaitez-vous poursuivre l'utilisation du système CROS ?

En permanence
 Dans certaines situations lesquelles ? _____

XII. Votre enfant a-t-il signalé des modifications de son équilibre lorsqu'il utilisait le système CROS ? Non

XIII. La localisation des sons par votre enfant vous semble-t-elle, avec le système CROS :

Moins bonne
 Non modifiée
 Améliorée

XIV. Vos observations sur les points positifs et négatifs du système. Que faudrait-il améliorer ?

Que l'appareil soit moins visible.

Enfant C

I. Acceptation du système ?

Immédiate	
Dans les 24 heures	
A nécessité > 24 heures	X

II. Ergonomie du système ?

Acceptable	X
Système trop lourd	
Système trop gros	

Mais pas de voyant de batterie.

III. Durée d'utilisation du système ?

Permanente	
Intermittente	X
Abandon rapide	

A l'école

IV. Si durée d'utilisation intermittente, dans quelle(s) occasion(s) ?

A l'école	X
A la maison	
Pour les loisirs	

V. En fin de journée, avec l'utilisation du CROS, comment jugez-vous la fatigue de votre enfant ?

Plus fatigué	
Pas de modification notable	X
Moins fatigué	

VI. Au niveau de la classe, le professeur a-t-il noté des changements concernant :

	Moins bien	Pareil	Mieux
L'attention		X	
La participation		X	
La compréhension			X

VII. Diriez-vous que l'utilisation du système CROS modifie les perceptions (quantité/qualité) de votre enfant dans les situations suivante :

	Moins bien		Pareil	Mieux		
	--	-		+	++	
En classe					<input checked="" type="checkbox"/>	Selon lui
Avec l'orthophoniste			<input checked="" type="checkbox"/>			
Devant la télévision			<input checked="" type="checkbox"/>			
Pour la musique			<input checked="" type="checkbox"/>			
Dans un repas de famille			<input checked="" type="checkbox"/>			
Perception dans le silence			<input checked="" type="checkbox"/>			
Compréhension dans le silence			<input checked="" type="checkbox"/>			
Perception dans le bruit			<input checked="" type="checkbox"/>			
Compréhension dans le bruit			<input checked="" type="checkbox"/>			
Activité extérieure						Non utilisé
Autres (préciser)						

VIII. Sur le plan de la durée des batteries, quelle est la durée moyenne avec :
 Implant seul 14 ou 16 heures
 Implant et système CROS 12 heures

IX. Quelle est la durée moyenne d'une pile de iConnect ? _____

X. Quelle est la durée moyenne d'une pile pour le micro CROS ? 2 à 3 semaines

XI. Souhaitez-vous poursuivre l'utilisation du système CROS ?

En permanence
 Dans certaines situations lesquelles ? A l'école et chez l'orthophoniste

XII. Votre enfant a-t-il signalé des modifications de son équilibre lorsqu'il utilisait le système CROS ? Non

XIII. La localisation des sons par votre enfant vous semble-t-elle, avec le système CROS :

Moins bonne
 Non modifiée
 Améliorée

XIV. Vos observations sur les points positifs et négatifs du système. Que faudrait-il améliorer ?

Il n'y a aucun repère sur le réglage.

Enfant D

I. Acceptation du système ?

Immédiate	
Dans les 24 heures	X
A nécessité > 24 heures	

II. Ergonomie du système ?

Acceptable	
Système trop lourd	
Système trop gros	X

III. Durée d'utilisation du système ?

Permanente	X
Intermittente	
Abandon rapide	

IV. Si durée d'utilisation intermittente, dans quelle(s) occasion(s) ?

A l'école	
A la maison	
Pour les loisirs	

V. En fin de journée, avec l'utilisation du CROS, comment jugez-vous la fatigue de votre enfant ?

Plus fatigué	
Pas de modification notable	X
Moins fatigué	

VI. Au niveau de la classe, le professeur a-t-il noté des changements concernant :

	Moins bien	Pareil	Mieux
L'attention		X	
La participation		X	
La compréhension		X	

VII. Diriez-vous que l'utilisation du système CROS modifie les perceptions (quantité/qualité) de votre enfant dans les situations suivante :

	Moins bien		Pareil	Mieux	
	--	-		+	++
En classe				☒	
Avec l'orthophoniste				☒	
Devant la télévision			☒		
Pour la musique			☒		
Dans un repas de famille				☒	
Perception dans le silence				☒	
Compréhension dans le silence				☒	
Perception dans le bruit			☒		
Compréhension dans le bruit			☒		
Activité extérieure			☒		
Autres (préciser)					

VIII. Sur le plan de la durée des batteries, quelle est la durée moyenne avec :

Implant seul 11 heures environ

Implant et système CROS 11 heures environ

IX. Quelle est la durée moyenne d'une pile de iConnect ? Une semaine environ

X. Quelle est la durée moyenne d'une pile pour le micro CROS ? Une semaine également

XI. Souhaitez-vous poursuivre l'utilisation du système CROS ? **Non**

En permanence

Dans certaines situations

lesquelles ? _____

XII. Votre enfant a-t-il signalé des modifications de son équilibre lorsqu'il utilisait le système CROS ? Non

XIII. La localisation des sons par votre enfant vous semble-t-elle, avec le système CROS :

Moins bonne

Non modifiée

Améliorée

XIV. Vos observations sur les points positifs et négatifs du système. Que faudrait-il améliorer ?

L'appareil est trop gros et le fait d'entendre d'une seule oreille est difficile.

Enfant E

I. Acceptation du système ?

Immédiate	
Dans les 24 heures	
A nécessité > 24 heures	✗

Environ 2 jours.

II. Ergonomie du système ?

Acceptable	
Système trop lourd	✗
Système trop gros	

III. Durée d'utilisation du système ?

Permanente	
Intermittente	✗
Abandon rapide	

IV. Si durée d'utilisation intermittente, dans quelle(s) occasion(s) ?

A l'école	✗
A la maison	✗
Pour les loisirs	

V. En fin de journée, avec l'utilisation du CROS, comment jugez-vous la fatigue de votre enfant ?

Plus fatigué	
Pas de modification notable	✗
Moins fatigué	

VI. Au niveau de la classe, le professeur a-t-il noté des changements concernant :

	Moins bien	Pareil	Mieux
L'attention		✗	
La participation		✗	
La compréhension			✗

VII. Diriez-vous que l'utilisation du système CROS modifie les perceptions (quantité/qualité) de votre enfant dans les situations suivante :

	Moins bien		Pareil	Mieux	
	--	-		+	++
En classe					☒
Avec l'orthophoniste				☒	
Devant la télévision			☒		
Pour la musique			☒		
Dans un repas de famille				☒	
Perception dans le silence			☒		
Compréhension dans le silence			☒		
Perception dans le bruit		☒			
Compréhension dans le bruit			☒		
Activité extérieure		☒			
Autres (préciser)					

VIII. Sur le plan de la durée des batteries, quelle est la durée moyenne avec :
 Implant seul Une quinzaine d'heures environ
 Implant et système CROS Idem

IX. Quelle est la durée moyenne d'une pile de iConnect ? Elle n'a pas encore été changée

X. Quelle est la durée moyenne d'une pile pour le micro CROS ? 2 semaines environ

XI. Souhaitez-vous poursuivre l'utilisation du système CROS ? **Non**
 En permanence
 Dans certaines situations lesquelles ? _____

XII. Votre enfant a-t-il signalé des modifications de son équilibre lorsqu'il utilisait le système CROS ? Non

XIII. La localisation des sons par votre enfant vous semble-t-elle, avec le système CROS :
 Moins bonne
 Non modifiée
 Améliorée

XIV. Vos observations sur les points positifs et négatifs du système. Que faudrait-il améliorer ?
Entendre que d'une seule oreille est assez destabilisant et il faudrait vraiment améliorer l'ergonomie.

Enfant F

I. Acceptation du système ?

Immédiate	
Dans les 24 heures	X
A nécessité > 24 heures	

II. Ergonomie du système ?

Acceptable	X
Système trop lourd	
Système trop gros	

III. Durée d'utilisation du système ?

Permanente	
Intermittente	X
Abandon rapide	

Ne l'utilise pas ou très peu en classe (micro HF)

IV. Si durée d'utilisation intermittente, dans quelle(s) occasion(s) ?

A l'école	
A la maison	
Pour les loisirs	

V. En fin de journée, avec l'utilisation du CROS, comment jugez-vous la fatigue de votre enfant ?

Plus fatigué	X
Pas de modification notable	
Moins fatigué	

VI. Au niveau de la classe, le professeur a-t-il noté des changements concernant :

	Moins bien	Pareil	Mieux
L'attention			X
La participation		X	
La compréhension			X

VII. Diriez-vous que l'utilisation du système CROS modifie les perceptions (quantité/qualité) de votre enfant dans les situations suivante :

	Moins bien		Pareil	Mieux	
	--	-		+	++
En classe					
Avec l'orthophoniste				☒	
Devant la télévision					☒
Pour la musique					☒
Dans un repas de famille				☒	
Perception dans le silence					☒
Compréhension dans le silence					☒
Perception dans le bruit			☒		
Compréhension dans le bruit			☒		
Activité extérieure				☒	
Autres (préciser)					

VIII. Sur le plan de la durée des batteries, quelle est la durée moyenne avec :
 Implant seul Petite batterie = 12 heures
 Implant et système CROS 12 heures

IX. Quelle est la durée moyenne d'une pile de iConnect ? 7 jours

X. Quelle est la durée moyenne d'une pile pour le micro CROS ? 7 jours

XI. Souhaitez-vous poursuivre l'utilisation du système CROS ?

En permanence
 Dans certaines situations lesquelles ? _____

XII. Votre enfant a-t-il signalé des modifications de son équilibre lorsqu'il utilisait le système CROS ? Non

XIII. La localisation des sons par votre enfant vous semble-t-elle, avec le système CROS :

Moins bonne
 Non modifiée
 Améliorée

XIV. Vos observations sur les points positifs et négatifs du système. Que faudrait-il améliorer ?

On devrait pouvoir utiliser en même temps le micro CROS et le micro HF.

Enfant G

I. Acceptation du système ?

Immédiate	
Dans les 24 heures	X
A nécessité > 24 heures	

II. Ergonomie du système ?

Acceptable	
Système trop lourd	
Système trop gros	X

III. Durée d'utilisation du système ?

Permanente	
Intermittente	X
Abandon rapide	

IV. Si durée d'utilisation intermittente, dans quelle(s) occasion(s) ?

A l'école	X
A la maison	X
Pour les loisirs	

V. En fin de journée, avec l'utilisation du CROS, comment jugez-vous la fatigue de votre enfant ?

Plus fatigué	
Pas de modification notable	X
Moins fatigué	

VI. Au niveau de la classe, le professeur a-t-il noté des changements concernant :

	Moins bien	Pareil	Mieux
L'attention			X
La participation		X	
La compréhension		X	

VII. Diriez-vous que l'utilisation du système CROS modifie les perceptions (quantité/qualité) de votre enfant dans les situations suivante :

	Moins bien		Pareil	Mieux	
	--	-		+	++
En classe				☒	
Avec l'orthophoniste			☒		
Devant la télévision		☒			
Pour la musique			☒		
Dans un repas de famille			☒		
Perception dans le silence		☒			
Compréhension dans le silence			☒		
Perception dans le bruit		☒			
Compréhension dans le bruit		☒			
Activité extérieure			☒		
Autres (préciser)					

VIII. Sur le plan de la durée des batteries, quelle est la durée moyenne avec :
 Implant seul Une journée
 Implant et système CROS Un peu moins d'une journée

IX. Quelle est la durée moyenne d'une pile de iConnect ? +/- 6 jours

X. Quelle est la durée moyenne d'une pile pour le micro CROS ? +/- 6 jours

XI. Souhaitez-vous poursuivre l'utilisation du système CROS ? **Non**
 En permanence
 Dans certaines situations lesquelles ? _____

XII. Votre enfant a-t-il signalé des modifications de son équilibre lorsqu'il utilisait le système CROS ? Non

XIII. La localisation des sons par votre enfant vous semble-t-elle, avec le système CROS :

Moins bonne	<input type="checkbox"/>
Non modifiée	☒
Améliorée	<input type="checkbox"/>

XIV. Vos observations sur les points positifs et négatifs du système. Que faudrait-il améliorer ?

Appareil trop voyant, surtout pour une fille.

Résumé (en gras apparaissent les mots-clés) :

L'objet de ce mémoire réside dans la présentation et l'analyse expérimentale du dispositif combinant l'**implant cochléaire** et le **système CROS**. Le premier transforme les signaux acoustiques en signaux électriques en vue de stimuler directement le nerf auditif ; il est donc indiqué pour les patients atteints de **surdités très importantes**. Le système CROS, quant à lui, est le mode d'appareillage transmettant à l'oreille la plus performante (ici l'oreille implantée) le son recueilli du côté controlatéral ; il est indiqué pour les **surdités très asymétriques**.

On a donc mené plusieurs expérimentations dans le but de mesurer l'effet d'un tel dispositif : tant dans son efficacité quantitative (par le **test de Fournier**, critère objectif) que dans son efficacité qualitative (par la remise au patient d'un **questionnaire** sur ses impressions, critère subjectif). Elles ont eu pour sujets un panel de 10 enfants répondant aux critères d'indication.

Ces tests ont permis de conclure de manière univoque à une carence globale du montage à satisfaire les besoins du patient pour lequel il est indiqué. En effet, la légère amélioration de l'audition qui a été mesurée ne suffit pas à en compenser le contre-coup : système trop volumineux, trop lourd, écoute monaurale difficilement supportable et qui plus est nocive pour l'oreille inactive. Toutefois, ce dispositif revêtira toujours un intérêt pour ceux ne tirant aucun bénéfice de leur prothèse controlatérale ou ayant une oreille inappareillable.