

REVUE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

LA REVUE  
DU COLLÈGE  
NATIONAL  
D'AUDIO-  
PROTHÈSE

Les Cahiers de  
**l'Audition**

BIMESTRIEL

Juillet / Août 2023 - Vol 36 - N°4 / WWW.COLLEGE-NAT-AUDIO.FR

DOSSIER  
ENSEIGNEMENT  
POST-UNIVERSITAIRE

CAS CLINIQUES

RÉHABILITATION AUDIOPROTHÉTIQUE  
D'UNE OTOSPONGIOSE UNILATÉRALE  
PATIENT ACOUPHÉNIQUE ET TRT

MÉTIER ET TECHNIQUE

RELATION ENTRE DES MÉTHODES  
OBJECTIVES ET SUBJECTIVES DE  
L'INTENSITÉ SONORE CHEZ DES  
NORMO ENTENDANTS ET DES  
MALENTENDANTS APPAREILLÉS

IMPLANT COCHLÉAIRE

ADAPTATION AUDIOPROTHÉTIQUE :  
DES DONNÉES DE PLUS EN PLUS  
NOMBREUSES À INTÉGRER DANS LE  
RÉGLAGE DES APPAREILS AUDITIFS

VEILLE TECHNIQUE INNOVATIONS DES INDUSTRIELS

**24 & 25 Novembre 2023**  
Palais des Congrès - LYON

# **27<sup>e</sup> Enseignement Post-Universitaire en Audioprothèse**



**Du son au sens :**  
le rôle clé de  
l'audioprothésiste

[www.audioepu.com](http://www.audioepu.com) - [audioepu@ant-congres.com](mailto:audioepu@ant-congres.com)



# Les Cahiers de l'Audition

Vol 36 - N°4 - Juillet / Août 2023

**Editeur** : Collège National d'Audioprothèse  
ANT Congrès - 154 avenue de Lodève  
34070 Montpellier

**Président** : DEL RIO Matthieu  
secretariat-cna@ant-congres.com

**Directeur de la publication** :  
COEZ Arnaud - acoez@noos.fr

**Rédacteur en chef** :  
AVAN Paul - paul.avan@u-clermont1.fr

**Conception et réalisation** :  
MBQ - BERTET Stéphanie  
stephanie.bertet@mbq.fr

**Publicité, petites annonces, abonnements** :  
editions-cna@orange.fr

**Impression** : DB PRINT

## COLLÈGE NATIONAL D'AUDIOPROTHÈSE BUREAU

**Président** : DEL RIO Matthieu

**1<sup>er</sup> Vice Président** : COLIN David

**2<sup>e</sup> Vice Présidente** : BALET Charlotte

**Secrétaire général** : RENARD Christian

**Secrétaire générale adjointe** : GUEMAS Céline

**Trésorier Général** : ROY Thomas

**Trésorier Général adjoint** : POTIER Morgan

**Présidents d'Honneurs** : BIZAGUET Eric,  
LAURENT Stéphanie, LE HER François

## MEMBRES

BESTEL Julie, BISCHOFF Hervé,  
BLANCHET Jean-Jacques, COEZ Arnaud,  
DEJEAN François, DELERCE Xavier,  
GALLEGO Stéphane, GARNIER Stéphane,  
GAULT Alexandre, GERBAUD Grégory,  
GUTLEBEN Jehan, HANS Eric, HUGON Bernard,  
JILLIOT Jérôme, KRAUSE Vincent, LASRY Yves,  
LEFEVRE Frank, LEGRIS Elsa, NAHMANI Yoan,  
REMBAUD Frédéric, ROBIER Mathieu,  
ROY Benoît, SELDRAN Fabien, TRAN David,  
VESSON Jean-François, VINET Alain,  
WALLAERT Nicolas, WATERLOT Paul-Edouard

## MEMBRES HONORAIRES

ARTHAUD Patrick, AUDRY Jean-Claude,  
BANCONS Jean †, Beraha Jean-Paul,  
BIZAGUET Geneviève, CHEVILLARD Daniel,  
DAGAIN Christine, DE BOCK Ronald †,  
DEBRUILLE Xavier, DEGOVE François,  
DEHAUSSY Jacques †, DUPRET Jean-Pierre †,  
ELCABACHE Charles, FAGGIANO Robert,  
FONTANEZ Francis, NICOT-MASSIAS Maryvonne,  
OLD Jean †, PEIX Georges †,  
RAINVILLE Maurice †, RENARD Xavier †,  
THIBAUT Philippe, VAYSSETTE Joany †,  
VEIT Paul †

## MEMBRES CORRESPONDANTS ÉTRANGERS

CARLE Roberto, DODELE Léon, EL ZIR Elie,  
ESTOPPEY Philippe †, GRAFF André †,  
LUCARELLI Bruno, LURQUIN Philippe,  
MAGNELLI Leonardo,  
MARTINEZ OSORIO Carlos,  
RENGLET Thierry, SAN JOSE Juan Martinez,  
SCHWOB Christoph, TRUDEL Marc

Dépot Légal à date de parution

## Le mot du président *Matthieu Del RIO*

3

## 5 Editorial *Paul AVAN*

## Dossier

7

- Intérêts de la mesure des otoémissions acoustiques provoquées par clics et des produits de distorsions dans le cadre de l'appareillage audioprothétique. Analyse retrospective des résultats audioprothétiques obtenus. *Margot HARDIVILLEZ* 7
- La publicité en audioprothèse : Analyse sémiologique et étude d'impact. *Laurène PANAGET* 17
- Réalité virtuelle et acouphènes subjectifs invalidants : validation d'un nouvel outil d'acouphénométrie. *Julien GRAFF* 22

## Métier et technique

31

- Relation entre des méthodes objectives et subjectives de l'intensité sonore chez des normo entendants et des malentendants appareillés. *Elsa LEGRIS*

## 37 Cas clinique

- Réhabilitation audioprothétique d'une otospongiose unilatérale. Prise en charge à long terme  
*Mathieu ROBIER*

## Implant cochléaire

43

- Adaptation audioprothétique : des données de plus en plus nombreuses à intégrer dans le réglage des appareils auditifs. Peut-on apprendre du réglage des implants cochléaires ?  
*Arnaud COEZ*

## Cas Clinique proposé par Audika

46

- Patient acouphénique et TRT  
*Jonathan FLAMENT*

## Veille technique

Les innovations  
des industriels

48

## Actualités 55



# Unique. Élégant. Connecté. Avec Phonak Slim™

Phonak Slim est conçu pour répondre au style de vie et au confort de vos patients.

Avec myPhonak app ils prennent le contrôle de leur audition, suivent leurs données de santé et peuvent contacter leur audioprothésiste à distance.

La connectivité universelle des solutions Phonak permet ainsi à vos patients de rester connectés au monde qui les entoure.

[www.phonak.fr](http://www.phonak.fr)



2023-07 © 2023 Sonova AG Tous droits réservés. Crédits Photos : Phonak

## LE MOT DU PRÉSIDENT



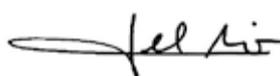
Matthieu Del RIO  
Président du Collège  
National d'Audioprothèse

C  
hers Collégiens,  
Chers Confrères,  
Chers Étudiants,

C'est avec beaucoup de plaisir que le Collège vous présente ce numéro estival des Cahiers de l'Audition. Un numéro qui, nous l'espérons, vous accompagnera sur vos lieux de villégiature! Je ne peux que vous recommander de partir cet été avec sous le bras, car nous vous avons concocté une édition du mois de juillet et août aussi dense que variée! Fidèles à l'habitude que nous avons prise, nous vous proposons trois nouveaux mémoires d'étudiants diplômés en 2022 mettant en lumière l'excellence des travaux universitaires de nos jeunes professionnels! Aussi, de nombreux sujets vous attendent dans ce numéro comme la « Relation entre des méthodes objectives et subjectives de l'intensité sonore chez des normo entendants et des malentendants appareillés », qui vous est proposé par Elsa Legris. Un cas clinique de Mathieu Robier portant sur la « Réhabilitation audioprothétique d'une otospongiose unilatérale et sa prise en charge à long terme ». Également au sommaire de ce numéro, un article de notre Directeur de la publication Arnaud Coez, portant sur l'implantation cochléaire et intitulé : « Adaptation audioprothétique : des données de plus en plus nombreuses à intégrer dans le réglage des appareils auditifs. Peut-on apprendre du réglage des implants cochléaires ? » Ces articles continuent de relater la forte activité scientifique et technique qui vous a été proposée au cours de la 26<sup>e</sup> édition de l'Enseignement post-universitaire en audioprothèse.

Les vacances approchent à grands pas et je profite de cet éditorial pour réitérer mon souhait de voir la réingénierie de la formation en audioprothèse avancer enfin de façon significative. Le Collège National d'Audioprothèse est pleinement mobilisé dans ce travail au long cours qui constitue déjà un moment historique pour notre profession. Inachevée en 2011, la réingénierie est aujourd'hui plus que nécessaire et doit *in fine* répondre au mieux aux besoins des patients malentendants avec des professionnels les mieux formés possibles. Dans cette dynamique, la publication il y a plusieurs mois d'une fiche métier au Répertoire national des certifications professionnelles (RNCP) représente une première étape à l'intégration du parcours en audioprothèse au sein du référentiel européen (LMD). Tout ceci s'inscrit dans le but ultime que nous devons poursuivre et qui est d'améliorer encore le taux d'observance, déjà très élevé en France. Il est plus que tant de rentrer dans une nouvelle modernité. Nous attendons à présent la publication d'un décret de compétences qui doit être réalisé par la Direction générale de l'offre de soins (DGOS) et qui permettra enfin de rentrer pleinement dans la réingénierie de la formation des audioprothésistes que nous préparons avec le concours du Conseil des centres de formation des universités françaises en audioprothèse (CCFUA). Gageons que le Gouvernement nous donne de la visibilité sur le calendrier de la refonte de l'enseignement en audioprothèse au plus vite. Je tiens à rappeler qu'à la fin du mois de mai, le ministre de la Santé et des Solidarités François Braun a officiellement ouvert le chantier de refonte du référentiel d'activités et de compétences définissant le métier d'infirmier ainsi que la redéfinition du référentiel de formation. C'est une annonce de bon augure qui laisse présager que d'autres professions paramédicales vont s'engager rapidement dans cette voie.

À toutes et tous, je vous souhaite une très agréable lecture de ce numéro des Cahiers de l'Audition et un excellent été!



Matthieu DEL RIO



# Audioprothésistes vous êtes à l'écoute de nouvelles opportunités ?

## Rejoignez Audition Santé !

- **Un acteur majeur de l'audition, jeune et dynamique**  
soutenu par le groupe international Sonova.
- **Un développement ambitieux**  
près de 300 centres en France, nombreuses acquisitions et ouvertures dont «World of Hearing\*»  
concept pionnier de centre misant sur l'expérience auditive et l'innovation.
- **Proche de ses audioprothésistes**  
formation continue, matériel de pointe, communauté d'experts.
- **Proche de ses clients**  
accompagnement personnalisé, qualité de service et gamme d'aides la plus complète du marché.

## Envie de nous rejoindre ?

**Contactez :** Inès Coste - HR Business Partner

**Mail :** [recrutement@auditionsante.fr](mailto:recrutement@auditionsante.fr)

**Tel :** 07 50 66 52 49

\*Traduction française : le monde de l'audition.  
Sonova Audiological Care France SAS, au capital social de 58 800 000€ -  
RCS 423 228 915, 1134 Chemin du Bartassec 46000 CAHORS.

**AuditionSanté**   
Laboratoire de correction auditive

# EDITORIAL

PAR

**Professeur Paul AVAN**

Rédacteur en chef



Le monde de l'appareillage auditif est en train de connaître des mutations profondes en parallèle avec celles des connaissances en audiologie, qui vont des molécules de la cochlée à l'évolution cognitive en cas de surdité liée à l'âge, selon qu'elle est appareillée ou non. Avec ces mutations, la question se pose de la répartition des tâches, donc de la collaboration entre professionnels, et aussi de la communication avec le grand public. Les articles issus de l'EPU 2022 publiés dans le présent numéro reflètent quelques-unes de ces questions.

Le premier article les aborde sur un cas particulier qui mérite quelques développements, de par son exemplarité. Les patients candidats à l'appareillage ont un diagnostic qui justifie leur prescription sur la base de quelques tests audiologiques consensuels, mais est-ce suffisant pour pouvoir décrire leur profil de surdité au point de guider l'adaptation des appareils ? Le plus souvent on va devoir attendre les essais pour déterminer si le patient a un trouble d'intelligibilité en adéquation avec sa perte tonale, ou au contraire disproportionné. Dans ce dernier cas, la "recette" de réglage devient délicate à ajuster et si le diagnostic qui en découle ipso facto est celui d'une composante neuropathique, le régleur n'en est guère plus avancé car la démarche diagnostique devrait être reprise, selon les recommandations de l'arrêté de 2018... qui est flou quant aux étapes de cette démarche. On y fait référence aux otoémissions sans préciser lesquelles ni avec quels paramètres, aux ASSR, avec le même manque de précision.

En pratique, pour une surdité neurosensorielle de l'adulte, les otoémissions ne sont mesurées qu'exceptionnellement. Or selon leur présence ou absence (et d'ailleurs parle-t-on d'otoémissions par clics ou de produits de distorsion? Faut-il mesurer les unes, les autres, ou les deux?), l'audioprothésiste ne va pas orienter sa démarche de réglage dans la même direction : il ne s'agit pas de diagnostic mais d'utilisation à visée audioprothétique. D'ailleurs les tests d'otoémissions chez l'adulte ne rapportent rien à ceux qui les effectuent, ce qui n'est guère incitatif. Faut-il alors renvoyer le patient vers un ORL équipé et ainsi retarder le début de la procédure d'appareillage ou inclure les otoémissions et produits de distorsion dans le bilan pré-appareillage à visée audioprothétique ?

En ce qui concerne les otoémissions, Margot Hardivillez, sous la direction d'Arnaud Coez, décrit donc la diversité des cas rencontrés, l'existence de profils non classiques et l'exploitation qui peut en être faite en termes de réglages. Dans le même registre, Julien Graff décrit un nouvel outil d'acouphénométrie, qui s'intègre évidemment dans une démarche ORL diagnostique,

mais il soulève la question de son utilisation en laboratoire d'audioprothèse, je cite, en raison de sa facilité d'acquisition et de manipulation. On peut aussi invoquer la place qu'il pourrait occuper dans l'aide au counseling acouphénique qui fait partie de l'activité des audioprothésistes, non pas à visée diagnostique mais à visée audioprothétique.

Cette vision n'empêche pas celle d'une extension des bilans audiologiques médicaux lorsque nécessaire, et elle ne s'y substitue pas. Mais elle nous force à réfléchir à deux questions d'actualité : une

redéfinition des pratiques audiologiques adaptée aux nouvelles connaissances issues de la physiologie et de la biologie, une réingénierie du diplôme d'audioprothèse qui permette un dialogue informé entre professions impliquées pour mieux exploiter les avancées technologiques (dans lesquelles on se doit d'inclure les nouvelles thérapies, géniques, cellulaires et pharmacologiques à visée curative).

L'article de Laurène Panaget réalisé sous la direction de Brice Jantzen analyse une autre des conséquences des avancées de notre domaine, qui en forme une suite logique: le dialogue avec les patients et le grand public. Comment les informer des approches nouvelles liées au 100% santé, et à la pression nouvelle qui incite à un appareillage précoce, si ce n'est par de la publicité, nécessaire mais à adapter afin qu'elle soit bien pensée ? L'auteure nous montre à quel point il peut y avoir décalage entre les intentions des communicants et la compréhension de patients quant à l'image qu'ils se font de leur handicap, si léger soit-il, et de leur manière de le gérer.

Les autres articles de ce numéro, par Elsa Legris, Mathieu Robier, Jonathan Flament et Arnaud Coez, montrent à quel point les données nécessaires à l'appareillage sont de plus en plus nombreuses. Il a fallu un long combat pour que l'audiométrie vocale dans le bruit s'impose, mais nous ne devons pas nous endormir sur ces lauriers. Dans un certain nombre de cas particuliers, et l'article de Margot Hardivillez nous montre que ces cas particuliers ne sont pas rares, l'audiométrie vocale dans le bruit est déjà largement dépassée. Toute seule, elle peut ne servir à rien d'autre (déjà un beau résultat) qu'à ouvrir un champ de questions... neuropathie neurale ou cochléaire ? Compression ou pas ? Comment croit la sonie ? Qui va la mesurer ? Comment ? La création en France de l'Institut Hospitalo-Universitaire 're-Connect' devrait aider la communauté audiolgogique à transformer ses pratiques et son dialogue interne pour améliorer le parcours du patient en général, pas seulement dans les cas particuliers cités dans ce numéro.



## LA PERFECTION DU SON NATUREL

### WIDEX SOUND ASSIST™ LE MICRO-PARTENAIRE MULTIFONCTION 5 EN 1

Découvrez **la révolution Widex Sound Assist™**, le micro-partenaire **multifonction 5 en 1**, discret et design. Micro-partenaire, microphone de table, kit mains-libres, streaming Bluetooth®, télécommande, et Bobine T, le Widex Sound Assist est l'accessoire parfait pour les utilisateurs actifs à la recherche d'une **communication plus fluide** et d'un rapport signal sur bruit optimisé.

# WIDEX

SOUND LIKE NO OTHER\*

\* UN SON COMME AUCUN AUTRE

# INTÉRÊTS DE LA MESURE DES OTOÉMISSIONS ACOUSTIQUES PROVOQUÉES PAR CLICS ET DES PRODUITS DE DISTORSIONS DANS LE CADRE DE L'APPAREILLAGE AUDIOPROTHÉTIQUE ANALYSE RÉTROSPECTIVE DES RÉSULTATS AUDIOPROTHÉTIQUES OBTENUS



## Auteur

Margot HARDIVILLEZ

Sous la direction  
de Monsieur Arnaud COEZ,  
maître de mémoire.

Les indications de l'appareillage auditif reposent essentiellement sur des critères d'audiométrie comportementale (audiométrie vocale dans le calme et dans le bruit). L'exploration des otoémissions permet de repérer des régions cochléaires disposant de mécanismes encore fonctionnels. Ainsi, une étude récente montre que certains patients malentendants peuvent présenter des produits de distorsion alors que leur perte d'audition tonale (moyenne deuxième degré) laisse supposer que les cellules ciliées externes ne sont plus fonctionnelles. Cette connaissance a des implications directes dans le choix des paramètres de réglage des aides auditives en terme de gain, de compression d'entrée et de sortie du signal.

Cette étude fait suite à l'étude d'un étudiant de Lille diplômé cette année : Guillaume MORAND.

## INTRODUCTION - CONTEXTE

L'audiométrie tonale et vocale dans le silence et dans le bruit avec et sans appareils sont les principales explorations fonctionnelles de l'audition utilisées par les audioprothésistes pour réaliser un bilan d'orientation et un bilan d'évaluation audioprothétique. Ces informations sont complétées par d'éventuelles autres explorations fonctionnelles menées par l'ORL et d'un potentiel diagnostic ayant conduit à la prescription d'appareils auditifs. Pour diverses raisons, ces informations peuvent être incomplètes. Certains patients ont des résultats audioprothétiques variables, allant du port régulier de l'appareil : plus de 12 heures par jour (50% des patients appareillés) à un échec d'appareillage (10% des prescriptions). En cas d'échec, le patient sort du circuit audioprothétique pour une période longue qui peut atteindre plus de 10 ans.

L'audioprothésiste, par l'anamnèse qu'il mène et les tests qu'il effectue arrive à déceler les pièges de

l'appareillage des surdités que son expérience lui a apporté. Par exemple, si l'audiométrie tonale haute fréquence est de plus en plus utilisée car les prothèses auditives sont maintenant capables de les amplifier, il est curieux de constater que le patient, lorsqu'il lève la main pour indiquer la détection d'un signal, peut décrire (si on le lui demande) un bruit blanc plutôt qu'un son pur continu. Si cette analyse qualitative de l'audiométrie tonale ne correspond pas aux standards de l'audiométrie tonale à visée médicale, elle apporte un certain nombre d'informations utiles à l'audioprothésiste pour connaître les traitements du signal à appliquer selon les différentes bandes fréquentielles à sa disposition dans les appareils auditifs.

Les traitements du signal les plus développés dans les appareils auditifs sont la gestion du gain à apporter par bande fréquentielle et l'ajustement de la compression d'entrée du signal. Ces deux paramètres de réglages permettent de compenser le dysfonctionnement des cellules ciliées externes (CCE) de l'organe de Corti. Effectivement, les CCE ont pour fonction, par leur propriété

« L'audioprothésiste,  
par l'anamnèse qu'il mène  
et les tests qu'il effectue,  
ARRIVE À DÉCELER LES PIÈGES  
DE L'APPAREILLAGE DES SURDITÉS  
QUE SON EXPÉRIENCE LUI  
A APPORTÉ. »

contractile, d'augmenter la sensibilité des CCI à la détection des sons faibles et de limiter l'écoute hors fréquence des sons forts. Une atteinte de ces cellules induit une perte de sélectivité fréquentielle, une diplacousie et un phénomène de recrutement. L'emploi systématique de la compression suppose que toutes les surdités émanent d'un dysfonctionnement des CCE. Elles sont réglées selon les méthodologies en tenant compte des seuils liminaires et supraliminaires obtenus lors de l'audiométrie tonale.

Or, des explorations fonctionnelles, dont la mesure des Otoémissions acoustiques (OEA), permettent d'apprécier le fonctionnement des CCE (Kemp, 1978) (Kemp, 2002). Elles sont atraumatiques, non invasives et rapides à réaliser.

Les produits de distorsions acoustiques (PDA) testent la non-linéarité de la cochlée en bon état physiologique. Lors de ce test, deux primaires de fréquences f1 et f2 séparées par un rapport de 1,22 et émises à 70 dB SPL sont utilisées. Une analyse spectrale par transformée de Fourier est réalisée par l'ordinateur pour extraire les différentes composantes fréquentielles.

La mesure des PDA a permis de révéler que des seuils auditifs tonaux subnormaux ne garantissent pas une intelligibilité dans le bruit si les CCE sont dysfonctionnelles (Hoben et al., 2017). Des études ont montré qu'un déficit de performances de compréhension dans le bruit serait dû à une atteinte des CCE et d'autres paramètres liés à l'âge (Léger et al., 2012). La mesure des PDA a été proposée chez l'adulte comme moyen de dépistage des surdités liées au travail dans le bruit (Institut national de la santé et de la recherche médicale, 2006) (Avan et al., 2008).

Ces mesures ont trouvé une application dans le dépistage systématique des surdités à la naissance : la présence d'OEAp est le signe d'un bon fonctionnement des CCE. Couplées aux PEA dits de raréfaction, elle permet d'écartier la suspicion de surdité à la naissance. Croisées à l'audiométrie comportementale, elles permettent de confirmer les seuils mesurés. Mais elles pourraient aussi avoir des applications audioprothétiques plus qualitatives (Kimberley, 1999).

Les OEAp et PDA permettraient aussi de connaître la dynamique résiduelle de l'audition du malentendant (Müller and Janssen, 2004) (Suckfüll et al., 1996), et le fonctionnement précis de l'organe de Corti (Hoth and Baljic, 2017).

Ce sont des tests non invasifs du fonctionnement et des mécanismes de la cochlée (Kemp, 2002) utiles pour l'appareillage du malentendant. Ceci permettrait de mettre en place des stratégies d'appareillage différentes pour certains sujets. L'audiométrie tonale liminaire au casque en son pur s'avère nécessaire mais insuffisante pour la prise en charge audioprothétique d'un patient (Stenfelt, 2008) même si elle est complétée par une audiométrie vocale (Loundon, 2007) pour vérifier la cohérence des résultats.

Ainsi, les neuropathies auditives sont également caractérisées par une discordance importante entre l'audiométrie tonale et vocale (Rouillon et al., 2021) : l'audiométrie tonale peut paraître « normale » alors que le score en audiométrie vocale ne dépasse pas 50% d'intelligibilité. Parfois l'audiométrie tonale et vocale sont « normales » et seule l'audiométrie vocale dans le bruit est altérée. Ces surdités sont décrites comme des surdités cachées évocatrices de neuropathies (Morlet et al., 2018).

Certaines surdités cachées seraient consécutives à des traumatismes sonores qui auraient dégradé des fibres de hauts seuils (basses activités spontanées) impactant fortement la compréhension dans le bruit (Kujawa and Liberman, 2009) ou qui auraient induit des zones inertes cochléaires (ZIC) (Moore,

B.C.J., Huss, H., Vickers, D.A., Glasberg, B.R., Alcantara, J.I, 2000).

Les surdités de l'adulte ne se résument donc pas à la presbycousie. En effet, un abaissement des seuils audiométrique peut également être associé à d'autres atteintes périphériques (Souchal, 2017). Afin d'établir la contribution du dysfonctionnement des cellules ciliées externes dans le suivi d'appareillage d'adultes suivis au laboratoire, nous avons entrepris la mesure systématique des OEAp et des PDA en plus du bilan audioprothétique biannuel qui prévoit entre autres une audiométrie tonale liminaire et supraliminaire, une audiométrie vocale dans le silence et dans le bruit avec et sans appareils.

Des résultats intermédiaires ont été obtenus par Guillaume Morand (Morand, 2022) dans le cadre de son mémoire de fin d'étude. Lors de la précédente étude, était considéré OEA(-) ou PDA(-) toute oreille dont l'ensemble des fréquences testées était négatif. A l'inverse, la présence d'une seule fréquence positive aux OEA ou PDA sur chaque oreille suffisait à considérer le sujet respectivement comme OEA(+) ou PDA(+). Alors que le résultat attendu était que les entendants soient OEA(+) et PDA (+) et que les presbycousiques soient OEA(-) PDA(-) d'autres profils ont été trouvés dans les deux groupes OEA(-) PDA(+), OEA(+)PDA(-) (Figure 1). Dès lors il nous est paru pertinent d'explorer les intensités optimales permettant l'obtention de PDA et d'entamer une analyse par fréquence des OEA et des PDA.

| Normoentendants étude 1 |       |      |
|-------------------------|-------|------|
| N=22 oreilles           | PDA + | PDA- |
| OEA +                   | 19    | 0    |
| OEA -                   | 3     | 0    |

| Surdité légère étude 1 |       |      |
|------------------------|-------|------|
| N=12 oreilles          | PDA + | PDA- |
| OEA +                  | 5     | 1    |
| OEA -                  | 5     | 1    |

| Surdité moyenne 1er groupe étude 1 |       |      |
|------------------------------------|-------|------|
| N=12 oreilles                      | PDA + | PDA- |
| OEA +                              | 2     | 3    |
| OEA -                              | 2     | 5    |

Figure 1 : Profil des personnes selon leur degré de perte d'audition selon la classification biap et le résultat obtenu à l'examen en OEAp et PDA

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

### Population

Cette étude a été proposée aux patients suivis à Audition Santé - Laboratoire de Correction Auditive -Bizaguet dans le cadre de leur suivi audioprothétique. Le bilan durait une heure et demie, et nécessitait une otoscopie normale (absence de bouchon de cérumen). Nous avons testé un groupe de 20 normoentendants (min -max) et un groupe de 28 patients d'âge médian de (min - max). Le même protocole de mesure a été utilisé pour les deux études : pour être inclus dans l'étude, ils devaient présenter une audition symétrique (moins de 10 dB HL de différence entre les deux oreilles selon la perte tonale moyenne du BIAP), et avoir pour langue maternelle le français. Toute surdité de transmission ou mixte a été exclue.

**Protocole**

La durée de passation du bilan complet était comprise entre une heure et une heure et demie, selon que le sujet est ou non appareillé.

**Pour les sujets non appareillés :**

- Anamnèse
- Otoscopie à visée audioprothétique
- Audiométrie tonale liminaire dont hautes fréquences au casque
- Audiométrie supraliminaire au casque
- Audiométrie vocale dans le silence, au casque, avec les listes cochléaires de Lafon voix féminine oreilles séparées
- Audiométrie vocale dans le silence en champ libre avec les listes cochléaires de Lafon voix féminine
- Audiométrie vocale dans le bruit : Test du FRAMATRIX en champ libre
- OEA par clics
- PDA à trois intensités différentes : 70/70 dB SPL ; 70/60 dB SPL ; 60/55 dB SPL

**Pour les sujets appareillés :**

- Anamnèse
- Otoscopie à visée audioprothétique
- Nettoyage des appareils auditifs
- Passage des appareils en chaine de mesure : vérification du gain
- Audiométrie tonale liminaire hautes fréquences au casque
- Audiométrie supraliminaires au casque
- Audiométrie vocale dans le silence, au casque, avec les listes cochléaires de Lafon voix féminine oreilles séparées
- Audiométrie vocale en champ libre avec les listes cochléaires de Lafon voix féminine.
- Audiométrie vocale dans le bruit : Test du FRAMATRIX en champ libre
- OEA par clics
- PDA à trois intensités différentes : 70/70 dB SPL ; 70/60 dB SPL ; 60/55 dB SPL

**Extraction des données**

Otoémissions acoustiques provoquées (OEA<sub>p</sub>) : Ont été considéré comme OEA(+) les OEA<sub>p</sub> dont l'indice de confiance (confiance) était supérieur ou égal à 80%. OEA (+) : les oreilles qui présentent des OEA<sub>p</sub> aux 5 fréquences testées (1000 Hz ; 1414 Hz ; 2000 Hz ; 2828 Hz ; 4000 Hz). OEA (1-) : les oreilles pour lesquelles une fréquence testée ne donne pas d'OEA<sub>p</sub> OEA (2-) / OEA (3-) / OEA (4-) : le chiffre entre parenthèse correspondant au nombre de fréquences pour lesquelles il n'y a pas eu de résultat de mesure des OEA<sub>p</sub>.

Produits de Distorsions Acoustiques (PDA) : Ont été considéré comme PDA(+) les oreilles dont la différence : DP (dB) – Noise+2sd est supérieur à 0. Cette fois, ont été considéré : PDA(+) : les oreilles pour lesquelles un résultat est obtenu pour chacune des 8 fréquences testées (1000 Hz ; 1501 Hz ; 2002 Hz ; 3003 Hz ; 4004 Hz ; 6006 Hz ; 7996 Hz ; 9998 Hz. PDA (1-)/(2-)/ etc. : les oreilles pour lesquelles une ou 2 fréquence(s) testée(s) ne donne(nt) pas de PDA PDA(-) : les oreilles pour lesquelles l'ensemble des fréquences testées ne permet pas le recueil des produits de distorsions. Le chiffre entre parenthèse correspondant au nombre de fréquences pour lesquelles il n'y a pas eu de résultat de mesure des PDA. (Tableau 1)

**RÉSULTATS**

**1. Résultats obtenus dans le groupe entendants**

**1.1. Résultats des amplitudes de produits de distorsions enregistrés pour 3 valeurs différentes d'intensité de stimulation.**

| Freq (Hz) | DP (dB) | Noise+2sd (dB) | Total |
|-----------|---------|----------------|-------|
| 1001      | -8,7    | -6             | -2,7  |
| 1501      | 2,2     | -5,6           | 7,8   |
| 2002      | 1,6     | -8,4           | 10    |
| 3003      | -3,7    | -15,3          | 11,6  |
| 4004      | -30     | -13,8          | -16,2 |
| 6006      | -18,8   | -13,7          | -5,1  |
| 7996      | -19,9   | -14,8          | -5,1  |
| 9998      | -15,1   | -12,4          | -2,7  |

| Freq (Hz) | Confiance |
|-----------|-----------|
| 1000      | 75,9      |
| 1414      | 93,2      |
| 2000      | 60,6      |
| 2828      | 78,6      |
| 4000      | 80,1      |

Tableau 1 : Critères de validités des PDA et des OEA<sub>p</sub>.

L'intensité de stimulation recommandée (Kemp, 1978) pour réaliser des mesures de produits de distorsions est 70 dB SPL sur les deux primaires de fréquences de stimulation f1 et f2 avec une relation entre f1 et f2 telle que : f2 = 1,2\*f1. Pour le vérifier nous avons comparé les résultats obtenus pour trois intensités différentes de f1 et f2 : 70/70 dB SPL ; 70/60 dB SPL et enfin 60/55 dB SPL (Figure 2).

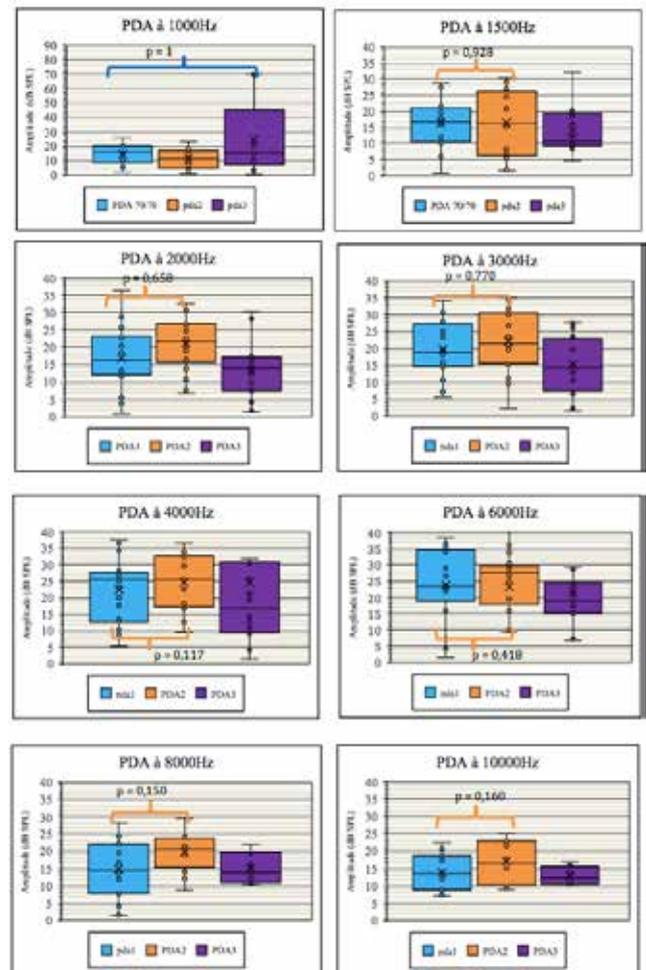


Figure 2 : Amplitude des produits de distorsions enregistrés pour 3 valeurs différentes d'intensité de stimulation entre f1 et f2 en conservant une relation entre f1 et f2 telle que 2 = 1,2\*f1 : 70/70 dB SPL ; 70/60 dB SPL ; 60/55 dB SPL.

Ont été exclues les mesures pour lesquelles il est jugé que les PDA sont absents, selon les critères énoncés précédemment.

Par ailleurs, l'intensité 70/70 dB SPL permet d'obtenir plus sûrement une mesure des produits de distorsions en cas de surdité faible ou moyenne qu'une mesure avec une intensité de 70/60 dB SPL. Effectivement, l'utilisation de l'intensité la plus forte est la certitude de ne pas avoir une absence de réponse à cause d'un manque de puissance.

Aussi, dans la suite du mémoire nous n'avons conservé que les mesures réalisées à l'intensité 70/70 dB SPL. L'utilisation de cette intensité nous a permis d'exploiter les données recueillies par Guillaume MORAND dans le cadre de son mémoire (Morand, 2022). Les prochains résultats, regroupent l'ensemble des sujets normoentendants des deux études, soit N=40 oreilles.

**1.2. Résultats des otoémissions et produits de distorsions**

Certaines oreilles (N=20/40) ont le résultat attendu avec la présence d'OEA ET de PDA sur l'ensemble des fréquences (Tableau 2). Cependant, 50% de l'effectif présente un pattern différent, notamment 7,5% de l'effectif ne présente aucune OEAp sur l'ensemble des fréquences testées. Parmi ces sujets sans OEAp, certains présentent également une absence de PDA sur quelques fréquences.

Aucun sujet n'a une absence totale de PDA sur l'ensemble des fréquences testées.

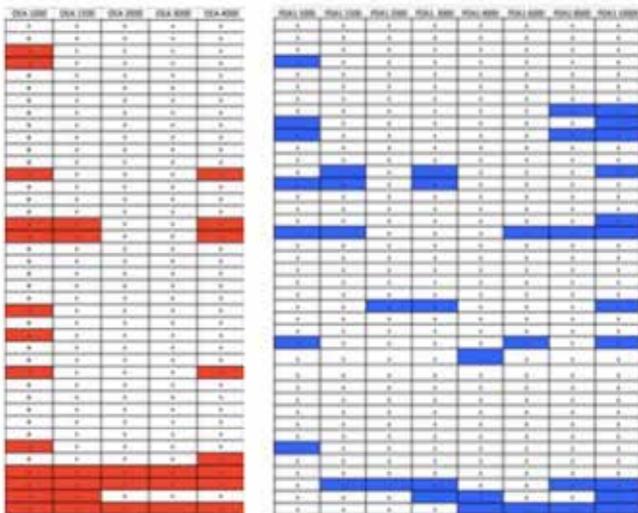


Tableau 2 : Tableau récapitulatif par fréquence de la présence ou non d'otoémissions acoustiques (à droite) et de produits de distorsions (à gauche).

**1.3. SRT(50) et mesure des OEAp : influence du nombre de fréquences atteintes**

Les oreilles dont l'ensemble des fréquences est positif aux OEAp ont un SRT50 de -2,9 dB HV en moyenne, celles dont une fréquence est atteinte (OEA1-) ont un SRT50 moyen comparable de -2,7 dB HV (figure 3). Par contre, les oreilles qui présentent plus de 2 fréquences atteintes sur les 5 testées au test des OEAp, ont un SRT50 de 2,5 dB HV en moyenne, significativement plus élevée de 5,4 dB HV (p=0,015) que les oreilles présentant au plus une fréquence atteinte. Une absence d'otoémission sur plus de 2 fréquences testées semble diminuer la capacité à analyser des sons faibles.

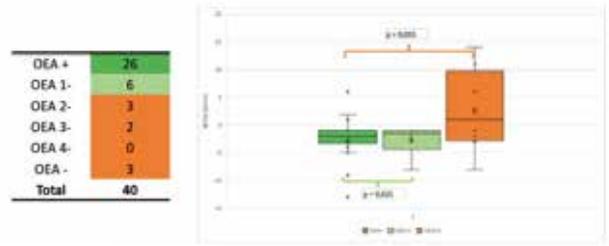


Figure 3 : Tableau récapitulatif des oreilles présentant des OEA sur les 5 fréquences testées (OEA+), en l'absence d'OEA (OEA-) et les profils intermédiaires, et comparaison des SRT50 des oreilles (OEA+) à celles ayant une fréquence atteinte (OEA1-) à celle dont les fréquences atteintes sont au moins au nombre de 2.

**1.4. SRT(50) et mesure des PDA : influence du nombre de fréquences atteintes**

Les oreilles PDA(+) sur l'ensemble des fréquences ont un SRT50 moyen de -3,1 dB HV en moyenne. Si au moins une fréquence est atteinte alors le SRT50 moyen est de -1,6 dB HV (figure 4). La comparaison des SRT50 des oreilles présentant des PDA sur l'ensemble des fréquences à celui des oreilles ayant au moins une fréquence atteinte montre une différence significative (p=0,032) de 1,5 dB entre ces 2 populations.

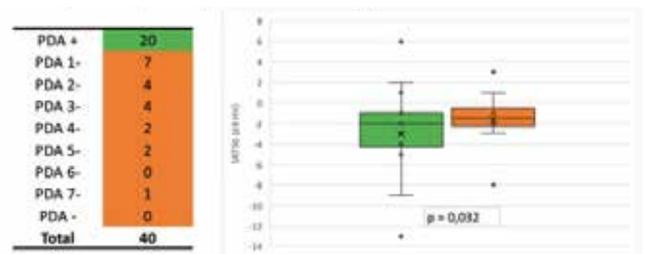


Figure 4 : Tableau récapitulatif des oreilles présentant des PDA sur les 8 fréquences testées (PDA+) à l'absence de PDA (PDA-) et aux oreilles aux profils intermédiaire. Comparaison des SRT50 d'oreilles PDA(+) sur l'ensemble des fréquences testées aux oreilles ayant au moins une fréquence négative au PDA

**1.5. Comparaison des SRT(50) entre oreilles saines et oreilles dysfonctionnelles**

Les oreilles saines, c'est-à-dire dont les résultats combinés des OEAp et PDA sont positifs sur l'ensemble des fréquences ont un SRT moyen de -3 dB HV alors que les autres oreilles qui ont donc au moins un résultat négatif à l'un de ces deux tests, signant une dysfonction des cellules ciliées externes, ont un SRT50 moyen de 0,5 dB HV (figure 5).



Figure 5 : Comparaison des SRT50 entre les oreilles (OEA+) ET PDA(+) sur l'ensemble des fréquences aux oreilles ayant au moins un résultat négatif sur l'un des deux tests.

La différence significative (p<0,05) de SRT50 entre ces deux groupes est de 3,5 dB.



# NOUS RECRUTONS PARTOUT EN FRANCE

L'AVENTURE COMMENCE



 01 84 25 46 43

 [recrutement@ideal-audition.fr](mailto:recrutement@ideal-audition.fr)



ICI

   #monjobIDEAL

**1.6. OEAp à 1kHz et SRT(50)**

On constate, que la fréquence la plus souvent atteinte lors de la mesure des OEAp est à 1kHz. La comparaison des SRT50 des groupes présentant ou non des otoémissions à 1kHz n'est pas statistiquement significative ( $p > 0,05$ ) (figure 6).

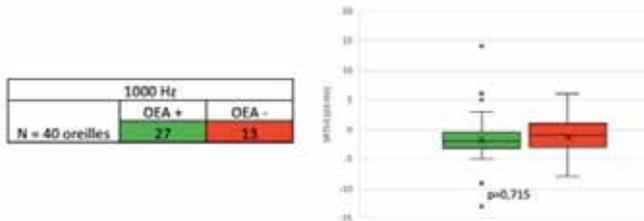


Figure 6 : Comparaison des SRT50 des oreilles (OEA+) à 1 kHz à celle (OEA-) à cette fréquence.

**1.7. OEAp et âge**

L'âge moyen des personnes ayant au plus une seule fréquence sans résultat au test des OEAp est de 28 ans. L'âge moyen des personnes ayant au moins 2 fréquences sans résultat au test des OEAp est de 50 ans (figure 7).

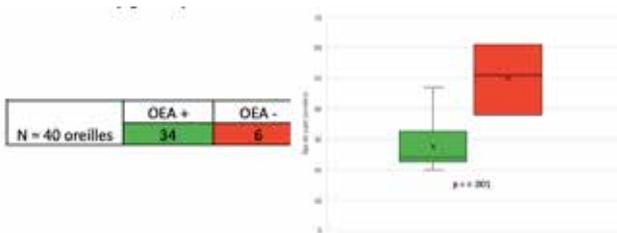


Figure 7 : Comparaison de l'âge des sujets n'ayant pas de résultat d'OEA sur au moins 2 fréquences aux résultats obtenus sur des oreilles ayant au maximum une seule fréquence atteinte.

**2. Résultats des otoémissions et produits de distorsions en fonction des degrés de surdités et leur impact sur la compréhension dans le calme**

**2.1. Surdité légère :**

Certaines oreilles (N=14/24) ont le résultat attendu avec l'absence d'OEA sur l'ensemble des fréquences.

En revanche, l'autre partie de l'effectif présente un pattern différent (tableau 3) :

- OEA(-)PDA(+)
- OEA(-)PDA(-)
- OEA(+PDA(-)



Tableau 3 : Tableau récapitulatif par fréquence de la présence ou non d'otoémissions acoustiques et de produits de distorsions.

Nous avons étudié le SRT50 selon ces différents profils de résultats aux OEA et PDA. Les oreilles au profil intermédiaire sont annotées du nombre de fréquences atteintes. Par exemple, une oreille avec 2 fréquences, parmi les 5 testées, pour lesquelles il n'y a pas de résultat d'OEA est légendée (OEA 2-).

De la même façon pour les PDA, lorsqu'une oreille présente, par exemple, 3 fréquences négatives aux PDA, parmi les 8 testées, alors elle est classée (PDA 3-).

La comparaison des SRT50 des oreilles présentant des OEA ou PDA sur l'ensemble des fréquences à celui des oreilles ayant au moins une absence des OEA ou PDA sur une fréquence montre une différence non significative ( $p >> 0,05$ ) entre ces 2 populations (figure 8).

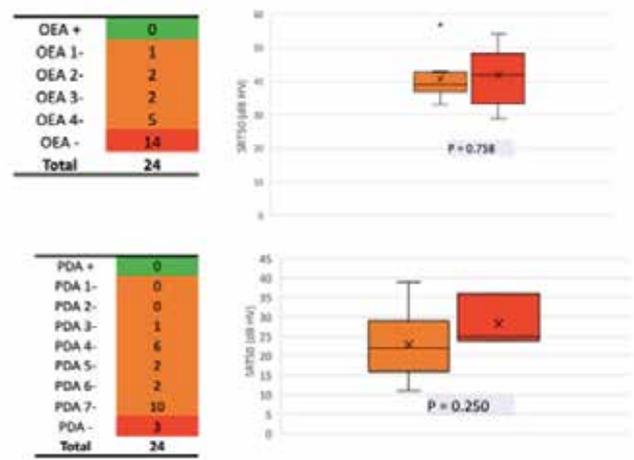


Figure 8 : Tableau récapitulatif des oreilles présentant des OEA sur l'ensemble des fréquences (OEA+) à celles OEA(-) ainsi que les profils intermédiaires. Comparaison des SRT50 des oreilles OEA(-) sur l'ensemble des fréquences à celles ayant au moins une fréquence positive aux OEAp. Tableau récapitulatif des oreilles présentant des PDA(+) sur l'ensemble des fréquences, aux oreilles PDA(-) ainsi que les profils intermédiaires. Comparaison des SRT50 des oreilles PDA(-) sur l'ensemble des fréquences, à celles présentant au moins une fréquence positive aux PDA.

**Surdité moyenne de 1er groupe :**

Certaines oreilles (N=15/32 oreilles) ont le résultat attendu avec l'absence d'OEA sur l'ensemble des fréquences. En revanche, d'autres profils sont également présents (tableau 4) :

- OEA(+PDA(+)
- OEA(-)PDA(-)
- OEA(-)PDA(+)



Tableau 4 : Tableau récapitulatif par fréquence de la présence ou non d'otoémissions acoustiques et de produits de distorsions.

Nous avons étudié le SRT50 selon ces différents profils de résultats aux OEA et PDA. Les oreilles au profil intermédiaire sont annotées du nombre de fréquences atteintes. Par exemple, une oreille avec 2 fréquences, parmi les 5 testées, pour lesquelles il n'y a pas de résultat d'OEA est légendée (OEA 2-).

De la même façon pour les PDA, lorsqu'une oreille présente, par exemple, 3 fréquences négatives aux PDA, parmi les 8 testées, alors elle est classée (PDA 3-).

Une nouvelle fois la différence de SRT50 observée n'est pas statistiquement significative ( $p > 0,05$ ) (figure 9).

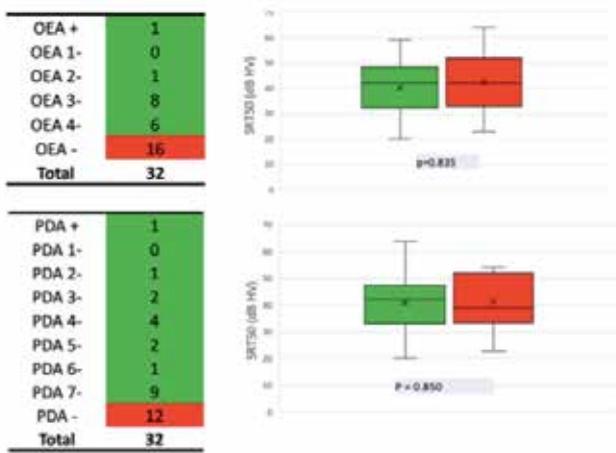


Figure 9 : Tableau récapitulatif des oreilles présentant des OEA sur l'ensemble des fréquences (OEA+) à celles OEA(-) ainsi que les profils intermédiaires. Comparaison des SRT50 des oreilles OEA(-) sur l'ensemble des fréquences à celles ayant au moins une fréquence positive aux OEA. Tableau récapitulatif des oreilles présentant des PDA(+) sur l'ensemble des fréquences, aux oreilles PDA(-) ainsi que les profils intermédiaires. Comparaison des SRT50 des oreilles PDA(-) sur l'ensemble des fréquences, à celles présentant au moins une fréquence positive aux PDA.

## DISCUSSION

### 4.1 Qu'est-ce qu'une oreille saine ?

Si 50% des oreilles testées présentent un fonctionnement correct des cellules ciliées externes (présence d'OEA et de PDA sur l'ensemble des fréquences), 7,5% des oreilles ne présentent aucune OEA sur l'ensemble des fréquences testées même si elles présentent des PDA sur certaines fréquences. Cette atteinte partielle des cellules ciliées semble dégrader en moyenne le seuil d'intelligibilité dans le calme de 5,5 dB.

Ces résultats corroborent ceux obtenus par l'équipe de Lille (Morand, 2022) qui avait trouvé une perte de SRT (50) de 7,5 dB lors de la comparaison des groupes OEA(+)/PDA(+) OEA(+)/PDA(-). La différence entre les résultats peut s'expliquer par un critère de jugement retenu différent par l'équipe Lilloise. Il suffisait que l'oreille ait des OEA sur 1 fréquence pour être considérée positive. Était considéré OEA- les oreilles qui n'avaient aucune réponse à aucune fréquence. Notre étude suggère la nécessité de considérer le nombre de fréquences atteintes. Effectivement, l'absence d'otoémission sur plus de 2 fréquences testées semble diminuer la capacité à analyser des sons faibles.

Il est intéressant de noter que l'âge moyen des personnes ayant au moins 2 fréquences sans résultat au test des OEA est de 50 ans alors que l'âge moyen des personnes ayant au plus une seule fréquence sans résultat au test des OEA est de 28 ans.

Nous faisons l'hypothèse qu'une population 'saine' de référence ne peut être qu'une population jeune (moins de 30 ans) ayant des otoémissions sur au moins 4 des 5 fréquences testées. La présence des otoémissions signe l'absence de dysfonctionnement des mécanismes actifs cochléaires. Une atteinte sur plus d'une fréquence signe une presbycousie débutante sans signes audiométriques détectables.

Un léger dysfonctionnement des cellules ciliées externes pourrait expliquer que l'intensité de stimulation pour provoquer la production d'OEA est insuffisante. Pour explorer le niveau d'atteinte réel, il est judicieux de rechercher des produits de distorsion déclenchés par des intensités de stimulation plus importantes. Nous avons retenu la valeur de 70/70 préconisée par Kemp, utilisée par (Morand, 2022) et qui se justifiera d'autant plus en cas de surdité.

Dans le groupe entendant, aucun sujet n'a une absence totale de PDA sur l'ensemble des fréquences testées. Une seule fréquence atteinte sur les 8 mesurées a un impact significatif supplémentaire de 1,5 dB sur la valeur de SRT.

La mesure des OEA et des PDA sur plusieurs fréquences s'avère essentielle dès lors que l'on veut constituer un groupe entendant de référence, ne présentant pas en son sein les stigmates d'une presbycousie précoce et d'un manque d'analyse des sons faibles. La recherche des seuils liminaires notamment aux hautes fréquences s'avère utile car un manque d'audibilité pourra rendre la stimulation inefficace pour générer une production de PDA.

L'exploration de l'audition devrait donc systématiquement associer une audiométrie tonale haute fréquence, une audiométrie vocale dans le silence et dans le bruit et la mesure d'OEA et de PDA pour pouvoir exclure un début de presbycousie qui demanderait à être suivie.

### 4.2. OEA/PDA et surdité

La classification BIAP permet de classer les surdités selon le degré de perte audiométrique tonale moyenne. 80% des surdités appareillées sont supposées être des presbycousies dont le critère d'appareillage retenu est selon l'arrêté de 2018, une perte tonale moyenne supérieure à 30 dB HL, un SRT(50) supérieur à 30dB, et un écart de plus de 3 dB de RSB dans le bruit. La presbycousie se caractérise par une atteinte bilatérale, symétrique, progressive atteignant davantage les mécanismes actifs des cellules ciliées externes dans les fréquences aigües que dans les fréquences graves. Nous nous attendons donc à une absence d'OEA lors de l'exploration des fréquences aigües et à la présence possible d'OEA sur les fréquences mieux conservées.

Or, 50% des surdités légères n'ont aucun résultat d'OEA sur l'ensemble des fréquences et ne présentent pas de produits de distorsion pour les fréquences au-delà de 6 kHz. Par contre des mécanismes actifs semblent persister aux fréquences 1500 Hz sur lesquelles des PDA ont pu être mesurés en cas de surdité faible.

Dans le groupe de surdité moyenne premier degré, la quasi-totalité des sujets ne présentent plus de PDA. On ne peut pas exclure que l'absence d'OEA et de PDA sur une fréquence donnée peut être due à un manque d'audibilité et d'intensité des stimulations acoustiques.

Néanmoins certaines oreilles avec le même profil audiométrique et les mêmes intensités de stimulations possèdent des OEA et PDA sur de nombreuses fréquences signant la fonctionnalité des cellules ciliées externes, même en cas de surdité moyenne premier degré.

La mesure des OEA et des PDA s'avère dès lors essentielle pour comprendre les mécanismes de surdités :

OEA- PDA- à une fréquence : probable presbyacousie avec des mécanismes cochléaires actifs détruits qui pourraient être compensés par un appareillage auditif capable de compenser les mécanismes de compression naturelle absent au travers de compressions d'entrée du signal soigneusement choisis.

OEA-PDA+ : probable dysfonctionnement des mécanismes cochléaires actifs qui demeurent partiellement actifs. Le choix des compressions s'avèrera d'autant plus subtil que le mécanisme est partiellement fonctionnel. L'art audioprothétique consistera à en déterminer les subtilités afin de régler au mieux le gain et les compressions.

OEA+ PDA + : la surdité n'est pas une presbyacousie. D'autres mécanismes que la perte des cellules ciliées externes sont impliqués et demandent à être explorés. Les réglages à envisager pour compenser cette perte devraient être orientés vers un gain plus linéaire puisque les mécanismes de compression naturelle sont à priori fonctionnels.

Le choix des paramètres de réglage en fonction des profils audiométriques et du résultat des OEA et PDA pourrait être l'objet d'un futur mémoire.

Dans le groupe malentendant, nous n'avons pas pu mettre en évidence de corrélations entre une dégradation des SRT et la présence ou non d'otoémission ou de produits de distorsion.

Les résultats des OEA et de PDA peuvent pour un cas donné permettre de comprendre les limites rencontrées dans l'appareillage d'un sujet. Aussi, nous nous sommes attachés à décrire des cas cliniques dont les seuils audiométriques sont comparables mais dont les résultats aux tests des OEA et des PDA sont différents.

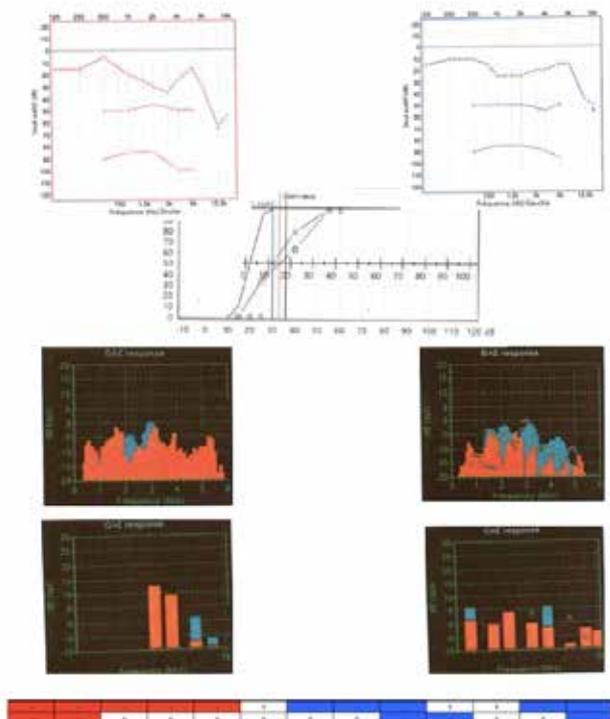


Figure 10 : Cas clinique appartenant au groupe normoentendant.

Le premier (figure 10) appartenant au groupe entendant. Ce sujet correspond au critère audiométrique de l'entendant avec une PTM de 20 dB HL sur les deux oreilles, un SRT50 de 15 dB HV à droite et 12 dB HV à gauche, et un SIB50 au Framatrix de -3,3 dB RSB. Lorsque l'on regarde de plus près son audiogramme, on constate une perte plus marquée dans les extrêmes aigus (audiométrie haute fréquence). En regardant les résultats d'OEA et de PDA, on observe une absence de réponse sur plusieurs fréquences sur les deux oreilles. On est alors en mesure de se demander si ce dernier peut faire partie d'un groupe contrôle étant donné la non fonctionnalité d'un grand nombre de ses CCE et d'une atteinte des hautes fréquences.

Autre cas clinique (figure 11), un sujet atteint de surdité moyenne 1<sup>er</sup> groupe, avec une audiométrie vocale dans le silence cohérente avec son résultat d'audiométrie tonale, oreilles séparées. Les courbes audiométriques sont symétriques. Néanmoins, elle est très gênée en milieu bruyant avec un SIB(50) de 3,2 dB RSB au FRAMATRIX. Lorsque l'on regarde les résultats des OEA et des PDA, on constate la présence de réponses à droite et une absence à gauche, signant une dissymétrie fonctionnelle non repérable à l'audiométrie tonale mais rendue visible par la réalisation des OEA et PDA. Les deux cochlées, fonctionnent de façon totalement différentes, or les paramètres de réglage l'appareillage à droite et gauche sont comparables. Cette observation a permis de reprendre le réglage et de proposer des compressions différentes à droite et à gauche.

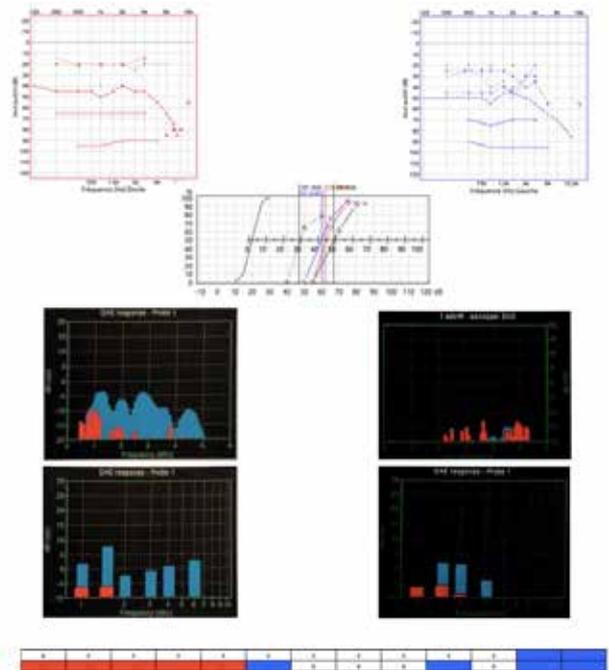


Figure 11 : Cas clinique appartenant au groupe de surdité moyenne premier groupe.

## CONCLUSION

La définition de l'entendant devrait reposer sur un bilan audiométrique tonal et vocal dans le silence et dans le bruit mais aussi par des résultats positifs sur l'ensemble des fréquences testées en otoémissions acoustiques et en PDA. Effectivement l'atteinte d'une seule fréquence est suffisante pour modifier la valeur de SRT(50).

Cet examen fonctionnel permet de déceler une perte fonctionnelle que sur les audiométries conventionnelles ne mettront pas en évidence. De plus l'atteinte fonctionnelle augmente avec l'âge et se combine à une altération de la perception des très hautes fréquences qui impactent les capacités d'intelligibilité dans le bruit des sujets. Cette définition d'une oreille 'saine' rend difficile l'appariement en âge avec les groupes de malentendants. Un groupe 'entendant' est supposé être jeune (moins de 28 ans), avoir des examens audiométriques 'normaux' et une absence de résultat négatif aux OEAp et aux PDA.

Les sujets malentendants presbycusiques sont supposés avoir une perte d'audition symétrique bilatérale progressive atteignant davantage les fréquences aigües que les fréquences graves. La cause de la presbycusie est relative à une dysfonction des cellules ciliées externes. Aussi les OEAp et les PDA se raréfient quand la perte d'audition augmente et les fréquences aigües sont davantage concernées par ce phénomène que les fréquences graves.

Néanmoins certains sujets malentendant ne présentent pas ce pattern de résultat et malgré une perte d'audition moyenne premier degré gardent des OEA (+) et des PDA(+) sur l'ensemble des fréquences (cas clinique 4). L'origine de la perte d'audition n'est donc pas liée à une presbycusie avec une dysfonction des mécanismes actifs cochléaires. Des examens

« L'accès par l'audioprothésiste à l'ensemble des explorations fonctionnelles d'un patient LUI PERMETTRA D'OPTIMISER LES RÉGLAGES DES PROTHÈSES AUDITIVES. »

complémentaires sont à envisager pour en comprendre l'origine. Dans ce cas précis, les compressions d'entrée des prothèses auditives ne semblent pas être les paramètres les plus judicieux à activer compte tenu de l'existence de mécanismes de compression cochléaires naturels fonctionnels.

Certains patients présentent des résultats intermédiaires signant une surdité dont la cause ne dépend pas

uniquement d'une atteinte des cellules ciliées externes et qui demanderait des explorations complémentaires pour en décrire les mécanismes exacts et envisager les réglages les plus judicieux des prothèses auditives en gain et en compression. L'étude des paramètres de réglage optimum dans ces cas particuliers à activer pourrait faire l'objet d'un futur mémoire de recherche en audioprothèse. L'accès par l'audioprothésiste à l'ensemble des explorations fonctionnelles d'un patient lui permettra d'optimiser les réglages des prothèses auditives.

**BIBLIOGRAPHIE**

- *Avan, P., bordure, P., Bouccara, D., 2008. Electrophysiologie en ORL. Société française d'ORL. 2008 : 17-106.*
- *Bonfils, P., François, M., Aidan, D., Avan, P., Parat, S., Boissinot, C., Narcy, P., 1995. [Deafness in the neonatal period: basis for screening]. Arch Pediatr 2, 685-691. [https://doi.org/10.1016/0929-693x\(96\)81228-0](https://doi.org/10.1016/0929-693x(96)81228-0)*
- *Cane, M.A., Lutman, M.E., O'Donoghue, G.M., 1994. Transiently evoked otoacoustic emissions in patients with cerebellopontine angle tumors. Am J Otol 15, 207-216. COCHLEA, n.d. Principe des OEAp.*



**Mathias LEGRAND : AU SERVICE DES AUDIOPROTHÉSISTES**

Fabricant d'embouts auditifs sur mesure et de protections auditives depuis 1945, Styl'embouts met à votre disposition une gamme complète de matériels et de fournitures.



**Toute notre production est réalisée en 3d :**

- Une **précision inégalée**
- **Mémorisation** de vos empreintes
- Une **matière totalement neutre** (antiallergique)
- Une manière que vous pouvez **retoucher et polir** très facilement



**STYL'EMBOUTS**

16 Cours du 14 juillet - BP 50005 - 33210 LANGON  
 Tél : 05 57 36 28 12 - Mail : [contact@stylembouts.com](mailto:contact@stylembouts.com)  
[www.stylembouts.com](http://www.stylembouts.com)

FABRICATION  
 100% FRANÇAISE



LABORATOIRE CERTIFIÉ  
 DM 2017/745



- Hoben, R., Easow, G., Pevzner, S., Parker, M.A., 2017. Outer Hair Cell and Auditory Nerve Function in Speech Recognition in Quiet and in Background Noise. *Front Neurosci* 11, 157. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00157>
- Hoth, S., Baljić, I., 2017. Aktuelle audiologische Diagnostik. *Laryngo-Rhino-Otol* 96, S4-S42. <https://doi.org/10.1055/s-0042-120339>
- Institut national de la santé et de la recherche médicale., 2006. Déficits auditifs- Recherches émergentes et applications chez l'enfant. Inserm. Expertise collective.
- Jakubíková, J., Kabátová, Z., Závodná, M., 2003. Identification of hearing loss in newborns by transient otoacoustic emissions. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 67, 15-18. [https://doi.org/10.1016/s0165-5876\(02\)00285-9](https://doi.org/10.1016/s0165-5876(02)00285-9)
- Kemp, D.T., 2002. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *Br Med Bull* 63, 223-241. <https://doi.org/10.1093/bmb/63.1.223>
- Kemp, D.T., 1978. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am* 64, 1386-1391. <https://doi.org/10.1121/1.382104>
- Kimberley, B.P., 1999. Applications of Distortion-Product Emissions to an Otolological Practice. *Laryngoscope* 109, 1908-1918. <https://doi.org/10.1097/00005537-199912000-00003>
- Kujawa, S.G., Liberman, M.C., 2009. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after "temporary" noise-induced hearing loss. *J Neurosci* 29, 14077-14085. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2845-09.2009>
- Léger, A.C., Moore, B.C.J., Lorenzi, C., 2012. Abnormal speech processing in frequency regions where absolute thresholds are normal for listeners with high-frequency hearing loss. *Hear Res* 294, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2012.10.002>
- Loundon, N., 2007. [Audiometric assessment in children: clinical practice]. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 124, 333-336. <https://doi.org/10.1016/j.aorl.2006.08.005>
- Mom, T., 2007. [Otoacoustic emissions in clinical and surgical practice]. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 124, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.aorl.2006.09.002>
- Moore, B.C.J., Huss, H., Vickers, D.A., Glasberg, B.R., Alcantara, J.I., 2000. A test for the diagnosis of dead regions in the cochlea. *British Journal of Audiology*, 2000, vol 34.
- Morand, G., 2022. Suivi d'appareillage et exploration du champ d'audition résiduel du malentendant : analyse rétrospective des résultats audioprothétiques obtenus.
- Morlet, T., Nagao, K., Bean, S.C., Mora, S.E., Hopkins, S.E., Hobson, G.M., 2018. Auditory function in Pelizaeus-Merzbacher disease. *J Neurol* 265, 1580-1589. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-8884-x>
- Moulin, A., Ferber-Viart, C., Berland, M., Dubreuil, C., Duclaux, R., 2001. [Systematic screening of deafness at a maternity ward using evoked otoacoustic emissions: practical aspects and parental attitudes]. *Arch Pediatr* 8, 929-936. [https://doi.org/10.1016/s0929-693x\(01\)00557-7](https://doi.org/10.1016/s0929-693x(01)00557-7)
- Müller, J., Janssen, T., 2004. Similarity in loudness and distortion product otoacoustic emission input/output functions: implications for an objective hearing aid adjustment. *J Acoust Soc Am* 115, 3081-3091. <https://doi.org/10.1121/1.1736292>
- Plinkert, P.K., Hemmert, W., Zenner, H.P., 1995. [Comparison of methods for early detection of noise vulnerability of the inner ear. Amplitude reduction of otoacoustic emissions are most sensitive at submaximal noise impulse exposure]. *HNO* 43, 89-97.
- Rouillon, I., Achard, S., Parodi, M., Denoyelle, F., Loundon, N., 2021. Neuropathies auditives chez l'enfant : particularités cliniques et bilan audiométrique. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture* 34, 61-67. <https://doi.org/10.1016/j.jpp.2020.12.008>
- Souchal, M., 2017. Surdités cachées ; atteinte des cellules sensorielles cochléaires ou du nerf auditif ?
- Stenfelt, S., 2008. Towards understanding the specifics of cochlear hearing loss: a modelling approach. *Int J Audiol* 47 Suppl 2, S10-15. <https://doi.org/10.1080/14992020802307396>
- Suckfüll, M., Schneeweiss, S., Dreher, A., Schorn, K., 1996. Evaluation of TEOAE and DPOAE measurements for the assessment of auditory thresholds in sensorineural hearing loss. *Acta Otolaryngol* 116, 528-533. <https://doi.org/10.3109/00016489609137884>

Je suis un audioprothésiste

**libre!**

J'exerce comme je l'entends

 **dyapason**

[www.dyapason.audio](http://www.dyapason.audio)



## Auteur

Laurène PANAGET

Audioprothésiste D.E.  
École d'audioprothèse de  
Fougères

Mémoire réalisé sous  
la direction de M. Brice  
JANTZEM

# LA PUBLICITÉ EN AUDIOPROTHÈSE : ANALYSE SÉMIOLOGIQUE ET ÉTUDE D'IMPACT

L'omniprésence de la publicité en audioprothèse nous amène à nous demander quels éléments sont prépondérants et lesquels sont retenus par la population cible. Cette étude, composée de deux parties, fait un état des lieux de la publicité depuis l'encadrement par la loi de 2012. Premièrement, l'analyse sémiologique a pour but de mettre en évidence les éléments visuel et linguistiques du corpus étudié. Deuxièmement, l'étude d'impact met en exergue les différences entre la vision du communicant et du public cible.

## 1- INTRODUCTION

Parmi les nombreuses définitions qui existent, la publicité peut se définir comme « le fait d'exercer une action psychologique sur le public à des fins commerciales, de faire connaître un produit et d'inciter à l'acquiescer ». <sup>1</sup> En premier lieu, elle doit attirer l'attention pour être vue puis, éveiller la curiosité. Cela a pour but de provoquer le désir afin de déterminer l'achat. <sup>2</sup> Elle peut promouvoir un produit ou un service. Cependant, la publicité ne renvoie pas toujours à un achat mais défend parfois une cause ou prévient des conduites à risques.

La publicité est aujourd'hui présente au quotidien sous différentes formes : dans les journaux, à la télévision, à la radio ou bien encore sur des panneaux publicitaires dans la rue. Représentant tous les compartiments de la société, elle s'immisce dans nos vies et modifie nos habitudes de comportement et en particulier de consommation. L'audioprothèse est un secteur qui ne déroge pas à la règle et qui développe sa communication dans un milieu de plus en plus concurrentiel.

Dans cette recherche ce sont les aspects visuels et linguistiques des publicités des enseignes comme des fabricants d'audioprothèses qui sont traités. Dans le discours publicitaire deux modes d'expressions se distinguent : le langage parlé ou écrit et l'image fixe ou mouvante. L'évolution historique a amené la publicité à envisager une collaboration toujours plus importante de l'image par rapport à laquelle le texte doit assurer, accroître ou parfaire son intelligibilité. <sup>3</sup> Dans la plupart des cas, c'est un message mixte (image et texte) qui est diffusé.

La publicité peut être analysée de nombreuses façons selon le domaine dans lequel on s'inscrit : le marketing, la sociologie, l'analyse des médias. Dans ce mémoire c'est la sémiologie qui est étudiée, c'est-à-dire, la science des systèmes de signes et de communication. L'une des questions de cette étude est

donc la suivante : quels sont les arguments publicitaires utilisés en audioprothèse ?

Par ailleurs, il est intéressant de se demander pourquoi les émetteurs, à savoir, les enseignes et fabricants, utilisent ces arguments ? Et, enfin, comment sont perçues les publicités par la population cible ?

## 2- MÉTHODE DE RECHERCHE

Afin d'obtenir un maximum de publicités représentant la filière audioprothétique, les principales enseignes et les fabricants ont été contactés. Seulement six ont répondu et ont transmis des publicités : Amplifon, Audilab, Audio 2000, Entendre, Phonak et Widex. Le corpus a été complété par recherche personnelle et a permis d'avoir des publicités d'Audika, Audition Conseil, Sonance Audition, Optical Center, Alain Afflelou, Audition Santé, Idéal Audition, Vivason, Krys Audition et Signia. Cela représente 156 publicités dont 17 sont des spots de télévision. Elles proviennent de supports différents : affiche, magazine, site internet, Facebook ou bien télévision.

Les publicités devaient avoir une date de publication comprise entre 2012 et 2022 pour répondre aux mêmes dispositions législatives.

L'objectif de cette étude est également de comprendre les choix des émetteurs (enseignes et fabricants) et de voir comment les récepteurs perçoivent cette publicité. Pour cela, des questions ont été posées aux fabricants qui avaient transmis leurs supports : Widex et Phonak et, de même, aux enseignes Amplifon, Audilab, Audio 2000 et Entendre. En parallèle, un questionnaire a été fait à destination des patients de centres auditifs, qu'ils viennent pour la première fois ou non. Afin de connaître l'avis des personnes n'étant pas forcément concernées par l'appareillage, le questionnaire a été étendu à tous.

« Dans cette recherche,  
ce sont les aspects visuels  
et linguistiques,  
DES PUBLICITÉS DES ENSEIGNES  
COMME DES FABRICANTS  
D'AUDIOPROTHÈSES QUI SONT  
TRAITÉS. »

### 3- ANALYSE SÉMIOLOGIQUE

#### 3.1- Définition

L'analyse sémiologique des publicités permet d'étudier l'image publicitaire et le message linguistique avec le plus d'objectivité possible. La présence de l'image permet une facilité de mémorisation et participe entièrement au dispositif stratégique de la publicité à travers la mise en scène du produit ou du service. Selon Karine Berthelot-Guiet, il existe différents niveaux d'analyse de l'image. Le niveau plastique, le niveau scénique et le niveau iconique <sup>4</sup> Le texte quant à lui permet de développer les idées de la publicité grâce à trois grands constituants : la marque, le slogan et le rédactionnel. <sup>5</sup>

#### 3.2- Analyse de l'image publicitaire

La couleur, qui fait partie du niveau plastique, est importante dans une publicité. Le nombre de publicités ayant une couleur identique à celle de l'entreprise associée a été compté. Dans une majorité des publicités (58,3 %), la couleur de l'entreprise est reprise dans sa communication. Cela permet d'assurer une identité et de marquer l'esprit.

Au niveau iconique, les publicités du corpus ont été analysées une par une afin de voir quel type de figurant est le plus représenté en audioprothèse.

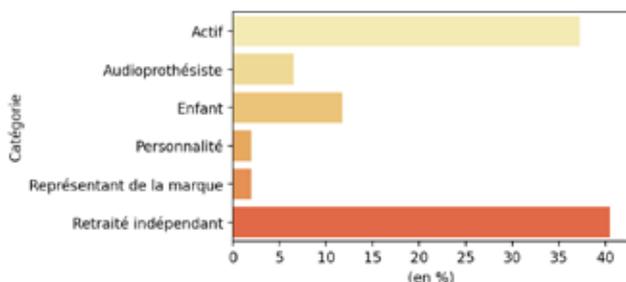


Figure 1 : Diagramme en barres représentant la proportion (en %) des catégories de figurants

Les catégories les plus représentées sont les retraités indépendants (41%) c'est-à-dire des personnes qui sont toujours dans le dynamisme et dans l'optique de profiter de la vie. Beaucoup d'actifs sont également mis en lumière avec 38% de présence. Dans de nombreuses publicités il est d'ailleurs difficile de définir si le figurant est retraité ou non. Il existe donc une limite par rapport à ce graphique car l'évaluation est subjective. Cependant, il est intéressant de voir que les enseignes et fabricants donnent une image plus jeune que leur population cible. De plus, aucune personne âgée en situation de dépendance n'est représentée dans les publicités.

La proportion homme/femme a également été calculée. Au total, plus de femmes sont représentées par rapport aux hommes.

Par ailleurs, dans les publicités se trouvent aussi des images d'appareils auditifs. Cela représente 35% des publicités. Parmi ces publicités, les appareils ont été classés en contours d'oreille ou intra-auriculaires. Dans 62% des publicités ce sont des contours d'oreille -plus précisément à écouteur déporté- qui sont représentés. Si les publicités des fabricants représentent uniquement des contours d'oreille, ce ne sont pas les publicités les plus diffusées auprès du grand public. Ne tenant compte que des enseignes, les publicités montrent alors une égalité de représentation entre intra-auriculaires et contours. Cela n'est pas conforme à la cible ou au marché constitué de moins de 15% d'intra-auriculaires.

#### 3.3 – Analyse du discours publicitaire

Dans le message linguistique, on trouve le slogan. C'est un acteur argumentatif qui marque la mémoire. Cela est possible grâce à sa forme condensée qui contient des informations descriptives et persuasives à propos de la marque ou du produit. Selon Adam et Bonhomme il existe deux types de slogans : l'accroche qui renforce le produit et la phrase d'assise qui joue le rôle du slogan de marque. Les entreprises, dans leur slogan de marque, évoquent l'importance de l'ouïe en utilisant son champ lexical (écoute, entendre, auditive, audition...) dans 61% des slogans de marque du corpus. La qualité de vie qu'une aide auditive peut apporter est également mise en avant (46% de présence). Par exemple avec Audika et son slogan « Bien entendre, ça change la vie » ou encore Widex avec « Life without limits ». De plus, l'accompagnement et le professionnalisme de l'audioprothésiste sont mis en valeur dans 31% des slogans comme par exemple, « L'expertise auditive » d'Audio 2000.

D'après Karine Berthelot-Guiet, « le créateur du message publicitaire doit donner le maximum d'incitation en optimisant le temps et l'espace chèrement payés. Le message publicitaire doit être à la fois réduit et dense ». <sup>4</sup> Cela est entre-autres établi par le slogan vu. Cependant, il ne suffit pas à exprimer le message en détail, avec plus d'informations. Le texte publicitaire permet ainsi de le compléter.

La publicité est faite par un locuteur pour des consommateurs ciblés. Il faut établir un dialogue entre ces deux personnes à travers un support de communication ce qui diffère des échanges réels quotidiens. En effet, dans une publicité la communication est unilatérale, elle ne vient que de la part du locuteur. Pour intégrer le destinataire, différents pronoms personnels et possessifs sont utilisés. Ces derniers ont été dénombrés dans l'ensemble des publicités et classés selon qu'ils évoquent le destinataire ou bien le destinataire.

Les pronoms liés au destinataire sont un peu moins nombreux avec une présence à 41% contre 59% pour les pronoms attribués au destinataire. Ces derniers permettent d'impliquer le consommateur directement dans la publicité et donc créer un lien entre le locuteur et le destinataire. La première personne est néanmoins très utilisée dans le secteur de l'audioprothèse notamment car les entreprises forment leurs publicités à partir de témoignages réels ou non, de patients, de leur entourage, d'audioprothésistes ou encore de célébrités.

- Témoignage patient : « J'ai décidé de ne plus faire la sourde oreille » - Amplifon, 2019
- Témoignage entourage : « Papi, j'aimerais qu'on s'entende mieux » - Amplifon, 2020
- Témoignage audioprothésiste : « Chez mes patients, le déficit auditif, le mode de vie et le budget sont tous différents : ma priorité est de leur conseiller la meilleure solution. Gildas HESSE, Audioprothésiste diplômé d'Etat » - Entendre, 2020
- Témoignage célébrité : « Avec TCHIN TCHIN Audio, j'ai une 2<sup>ème</sup> paire d'aides auditives. Et pour 1€ de plus, cette sécurité n'a vraiment pas de prix. Philippe POUPON, Navigateur » - Alain Afflelou, 2022

« Formulés à la première personne du singulier, ils semblent faire mention d'un vécu ou d'un état de l'énonciateur et effectuent une recommandation plus ou moins explicite d'une pratique marchande ». <sup>6</sup> Les témoignages rassurent et sont donc souvent utilisés dans les publicités de différents supports. La deuxième personne du pluriel est également présente sous la forme de verbes à l'impératif. Tout comme les slogans à modalités impératives, l'objectif est de donner un ordre, un conseil ou une interdiction au consommateur. Les verbes qui ressortent le plus dans ce corpus sont les suivants :

- Allez (3 répétitions)
- Appelez (7 répétitions uniquement dans les publicités vidéo)
- Bénéficiez (3 répétitions)
- Changez (3 répétitions)
- Découvrez/Redécouvrez (11 répétitions)
- Entrez (10 répétitions)
- Essayez (5 répétitions)
- Osez (3 répétitions)
- Prenez (12 répétitions)
- Profitez (9 répétitions)
- Soyez (3 répétitions)

L'impératif incite voire oblige le consommateur à effectuer l'action et peut, en un sens, apparaître comme violent. Par exemple, dans une publicité d'Amplifon de 2012 il est écrit « Sortez de votre bulle ! ». Cela peut donc laisser penser à une personne malentendante que l'unique « problème » de sa surdité, c'est lui. Il en est de même avec une publicité d'Audio 2000 de 2021 « Osez l'expérience » ou encore « Agissez » en gros caractères dans une publicité de 2022 d'Audilab. Il est important de considérer l'effet potentiellement néfaste que cela peut avoir sur la personne malentendante qui est rendue responsable de son état.

En effet, pour le public donc pour l'entourage de la personne malentendante « nul n'est plus sourd que celui qui ne veut pas entendre ». Cette représentation stigmatisante n'est certainement pas voulue par l'annonceur qui vise plutôt à déclencher l'action. Le corollaire est que si la personne est responsable de son état, il lui suffirait de changer d'attitude pour en « sortir ». Or le déficit auditif n'est ni un choix ni un état qui peut se transformer complètement d'un seul coup.

Pourtant, dans la publicité les mots ne sont pas choisis au hasard. Ils doivent impacter, donner envie, pousser à faire la démarche d'acheter ou, dans le cas de l'audioprothèse, de faire venir la personne malentendante. L'ensemble des mots de toutes les publicités a été extrait et trié. Seuls les mots apparaissant le plus souvent ou faisant partie d'un champ lexical qui revenait régulièrement ont été gardés.

Le graphique ci-contre met en évidence les mots les plus utilisés. Plus la case est rouge, plus le mot apparaît dans les publicités. Par exemple, le mot « 100% » est présent 0,3 fois en moyenne.

Les mots relatifs à l'appareillage et à l'audition tels que « aide(s) auditive(s) », « appareil(s) auditif(s) », « audition » ou bien encore « son », sont les plus souvent présents. Un autre mot qui ressort est « 100% » avec 23 apparitions, il est directement lié au 100 % santé car plusieurs entreprises l'ont décliné avec plusieurs adjectifs au moment où la loi est entrée en vigueur. Ainsi, dans certaines publicités se trouvent « 100% santé, 100% accompagné » (Amplifon 2021) ou encore « 100% adapté » (Entendre 2021). D'autres mots se rattachent au 100% santé (qui est présent 14 fois dans ce corpus) comme « classe 1 » (x2), « 0€ » (x11), « reste à charge » (x9).

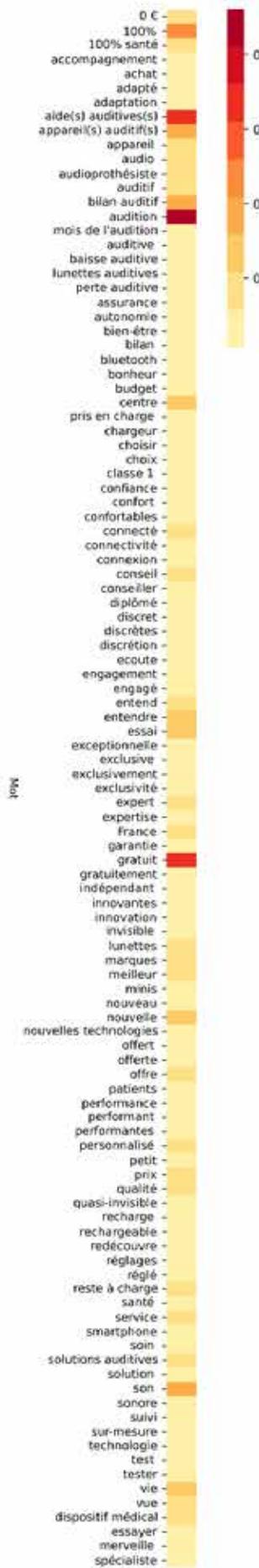


Figure 2 : Heatmap des mots utilisés dans les publicités

Par ailleurs, les mots « bilan auditif » et « gratuit » sont nombreux dans les publicités. Il y a 25 apparitions pour le premier contre 49 pour le second auquel il faut ajouter ses déclinaisons comme « gratuitement » (x6) et « offert(e) » (x14).

Le lexique se rapportant à la qualité du suivi apporté est également bien représenté avec des mots comme : « accompagnement », « conseil », « conseiller », « expert », « expertise », « personnalisé », « qualité », « service », « spécialiste », « suivi ». Cela représente 64 mots.

Plusieurs termes évoquent la petite taille des appareils auditifs. Par exemple, « discret », « discrètes », « discrétion », « invisible », « minis », « petit », « quasi-invisible ». En tout ils apparaissent 27 fois. L'adjectif « invisible » apparaît à lui seul 7 fois. Cela peut poser question sur le caractère mensonger de la publicité car un appareil, même en intra-auriculaire, reste visible.

La qualité de vie qu'apportent les appareils auditifs est également un argument mis en avant dans la publicité. Les mots « bien-être », « bonheur », « santé », « soin » et « vie » présents 37 fois participent à cette mise en valeur.

Un lexique dit « mélioratif » dans une publicité permet de promouvoir plus facilement les atouts d'un produit. Ainsi les mots « exceptionnelle », « innovantes », « innovation », « meilleur », « nouveau/nouvelle » et « merveille » apparaissent 39 fois.

La présence du lexique lié à la vue comme « lunettes » et « vue » apparaît fréquemment chez Optical Center et un peu moins souvent chez Alain Afflelou. De nombreuses offres proposent des lunettes gratuites pour l'achat d'appareils auditifs. Cela entraîne une vision commerciale de l'audioprothèse alors qu'elle devrait être paramédicale dans le sens où l'objectif premier est de corriger les pertes auditives -c'est-à-dire répondre à un besoin- et non de solliciter une demande par des cadeaux.

Par ailleurs, certains termes synonymes sont utilisés de façon inégale notamment en ce qui concerne le lexique de l'appareillage. Le graphique ci-dessous montre les différents mots qui sont utilisés pour parler d'un appareil auditif. Le terme « aide auditive » est nettement plus utilisé que les autres. En effet, le terme « appareil » semble avoir aux yeux des publicitaires une connotation plus négative se référant à un ensemble de pièces il conduit à l'idée d'un système plus compliqué ou plus lourd. Ce terme peut aussi laisser penser, l'audition va revenir à la normale. Or, en utilisant le mot « aide » il est exprimé une amélioration possible et partielle de l'audition mais totale. Enfin « aide » peut suggérer un domaine plus social et humain que technique. Le terme « dispositif médical » est quant à lui présent uniquement dans les publicités vidéo car cela fait partie d'une obligation légale.

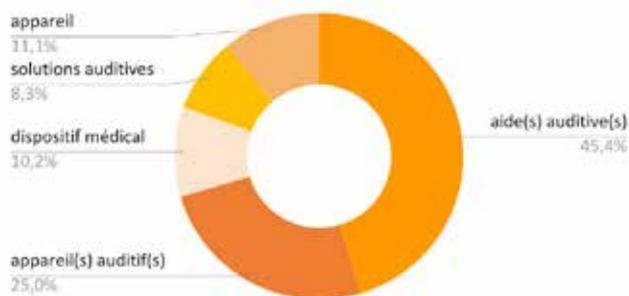


Figure 3 : Répartition (en %) des différents mots utilisés pour parler d'une aide auditive

Dans les publicités un élément apparaît souvent : le nombre. D'après David Victoroff, « le nombre joue aujourd'hui dans la communication publicitaire un rôle non moins important que celui qu'y assumait le mot et l'image ». Il évoque dans son ouvrage l'auteur David Genzel qui dans un article intitulé « Le nombre-illisme » constate « que le nombre se trouve utilisé non seulement au niveau des statistiques [...] mais aussi et surtout dans le message lui-même qui utilise à profusion des nombres : au niveau du slogan, de la ligne d'accrochage, de l'argumentation, voire de l'image (en y intégrant le nombre comme un objet réel) ». <sup>3</sup> Pour lui, le nombre permet également de donner plus de crédibilité au message publicitaire car sa présence seule suffirait à rendre les annonces plus attractives.

Ce corpus compte 146 nombres écrits ou dits, hors numéros de téléphone et dates. Ils sont utilisés pour indiquer une offre promotionnelle, pour donner une indication sur un produit ou sur le nombre de centres que possède l'enseigne. Le nombre peut également servir à exprimer un pourcentage de satisfaction patient. En audioprothèse le « 30 » est souvent présent dû aux 30 jours d'essai gratuit des aides auditives.

- Offre promotionnelle : « Economisez 500€ par appareil auditif » - Vivason, 2019
- Indication sur un produit : « Autonomie jusqu'à 24H, recharge rapide en 30 minutes » - Amplifon, 2017
- Nombre de centres : « Partout en France, dans nos 340 centres dédiés exclusivement à votre santé [...] » - Audition Conseil, 2021
- Satisfaction des patients : « 98% de nos patients nous recommandent » - Entendre, 2016

Ces nombres associés à des mots rassurent et attirent le destinataire de la publicité.

Il est d'ailleurs intéressant de constater que les patients souhaitent comparer les propositions, interrogent les professionnels sur le nombre de canaux des aides auditives. En effet un nombre se mémorise facilement et permet une classification, une hiérarchie. Ainsi une aide auditive à 20 canaux de gains réglables sera perçue meilleure qu'une aide à 16 canaux malgré de très nombreuses autres différences. Cette surenchère du nombre se trouve dans tous les produits de grande consommation : le nombre de pixels des appareils photos, le nombre de vitesse des vélos ou de chevaux des voitures... faisant ainsi entrer l'aide auditive dans le même champ.

## 4- ÉTUDE D'IMPACT

La deuxième partie de ce mémoire traitait le point de vue des entreprises ainsi que de la population. Neuf questions ont été posées au service communication et marketing à 4

enseignes (Amplifon, Audilab, Audio 2000 et Entendre) et 2 fabricants (Phonak et Widex). L'objectif était de connaître leur point de vue sur la publicité en audioprothèse et de comprendre leurs démarches pour toucher leur population cible. Le questionnaire à destination de la population pour connaître leur opinion sur la publicité en audioprothèse a été distribué à huit audioprothésistes de différentes enseignes. De plus, un lien a été créé afin de faire remplir le questionnaire par des personnes non-appareillées. Au total, 97 réponses ont été collectées avec 69% de femmes et 31% d'hommes. Les personnes ayant répondu au sondage étaient la plupart non-appareillées (70,1%). 26,8% étaient appareillées et 3,1% s'appareillaient dans les 6 prochains mois.

Si l'on associe les réponses des fabricants et enseignes à celles de la population, les résultats montrent que le public cible des enseignes, c'est-à-dire les plus de 60 ans, est soumis plus souvent à la publicité en audioprothèse que les autres catégories d'âges.



Figure 4 : Diagrammes en barres montrant la fréquence à laquelle les publicités sont vues selon l'âge

Une majorité de la population (57,6 %) portant des aides auditives dit avoir fait la démarche de se faire appareiller grâce à la publicité, ce qui est un des principaux enjeux d'après les entreprises.

Concernant les informations que donnent une publicité en audioprothèse, l'avis de la population est plutôt mitigé. Presque 60% des personnes pense qu'elle ne permet ni de choisir un professionnel, ni une aide auditive ou de connaître les performances d'une aide auditive.

Afin de connaître l'opinion de la population sur la publicité en audioprothèse, il leur a d'abord été demandé de donner leur avis sur la publicité en général c'est-à-dire, tout domaine confondu. Pour eux, la publicité est utile et informative mais pas indispensable ni objective. Plus de la moitié ne sait pas dire si la publicité est trompeuse ou non et seuls 14% des sondés pensent que la publicité n'est pas trompeuse. En ce qui concerne les publicités en audioprothèse, les tendances sont plus marquées. Elles sont vues comme plus utiles et informatives mais moins nuisible et inutile. Le fait que le secteur est perçu plutôt comme paramédical peut engendrer une méfiance moindre. Elle est donc très peu vue comme nuisible ou trompeuse.

Les personnes ayant rempli le questionnaire ont dû écrire des qualificatifs qui leur viennent à l'esprit lorsqu'elles pensent aux appareils auditifs. Le nuage de mot met en évidence les mots qui ont été les plus écrits. Les 3 mots qui ressortent le plus sont « efficace », « utile » et « discret ». Ces adjectifs sont donc positifs. La vision que la population a sur les aides auditives



# RÉALITÉ VIRTUELLE ET ACOUPHÈNES SUBJECTIFS INVALIDANTS : VALIDATION D'UN NOUVEL OUTIL D'ACOUPHÉNOLOGIE



## Auteur

Julien Graff

Faculté de Médecine de Lille

Les acouphènes font depuis toujours l'objet de nombreuses recherches tant sur leurs origines physiopathologiques que sur l'élaboration d'un traitement performant. Bien que les principales thérapies validées à ce jour soient à visée palliative, celles-ci permettent d'atténuer le caractère intrusif de l'acouphène et ainsi développer une meilleure tolérance vis-à-vis de ce dernier. Cependant, certains patients très invalidés demeurent toujours en situation d'échec thérapeutique justifiant la nécessité d'explorer de nouvelles thérapies innovantes.

Cette étude consiste en premier lieu à valider un test d'acouphéno-logie (Diapason) réalisé en auto-évaluation par le patient en vue d'une utilisation dans le cadre d'une thérapie de réalité virtuelle auditive et visuelle comme traitement des acouphènes subjectifs chroniques. Une seconde partie de cette étude présente la mise en application de la réalité virtuelle.

Nous avons d'abord comparé les correspondances spectrales des acouphènes mesurées sur l'audiomètre Tinnometer et l'application Diapason par des études de corrélation. L'efficacité de la stratégie thérapeutique d'immersion en réalité virtuelle sur la gêne induite par les acouphènes est évaluée par des échelles visuelles analogiques.

Nos résultats permettent d'affirmer qu'il existe une relation de corrélation entre les mesures psychoacoustiques des acouphènes réalisées sur Tinnometer et celles sur Diapason permettant la validation de ce dernier. La réalité virtuelle génère quant à elle une diminution de la gêne induite chez une partie de notre population étudiée et contribue à l'émergence de nouvelles perspectives pour la prise en charge des patients acouphéniques.

## 1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

### a. Introduction

La réalité virtuelle (RV) a fait l'objet de nombreuses recherches cliniques pour le traitement des douleurs chroniques ou des troubles de l'anxiété puisqu'elle agirait comme un puissant distracteur de l'attention<sup>1</sup>. Les analogies entre les acouphènes subjectifs et les douleurs chroniques ont permis d'établir une approche thérapeutique commune. De plus, il est reconnu dans la littérature que l'engagement des processus attentionnels et émotionnels peuvent conduire à des modulations dans la

perception de l'acouphène et de la gêne induite<sup>2</sup>. À ce titre, la RV semble être un candidat de choix pour le traitement des acouphènes.

Cette nouvelle approche a fait l'objet d'une précédente étude menée en 2016 par le département ORL au sein de l'hôpital européen Georges Pompidou sur le traitement des troubles rencontrés chez des sujets avec acouphènes chroniques subjectifs unilatéraux<sup>3</sup>.

La thérapie proposée consistait à favoriser la dissociation entre la perception de l'acouphène et sa représentation mentale en

travaillant sur l'appropriation progressive par le patient de la localisation d'un son ressemblant à son acouphène (l'Acvatar) dans l'espace, de sorte à permettre à terme sa mise « hors champ ».

L'Acvatar est un son préalablement synthétisé par procédure d'acouphénométrie automatisée ou de matching, que le patient est capable de repérer dans l'espace grâce à une synthèse de la localisation spatiale sur casque.

Le patient pouvait, par le biais d'une baguette tenue en main, faire varier spatialement la localisation de son Acvatar qui était également matérialisé visuellement par un objet scintillant.

De cette façon, l'appropriation de l'Acvatar par le patient rend possible une modulation de son interaction avec l'acouphène réel spectralement comparable qu'il perçoit de façon habituelle.

Cette mise en situation au caractère ludique s'affranchit de toute connotation psychologique qui est à même de rebuter certains sujets peu enclins à envisager une prise en charge à caractère psychothérapeutique de type thérapie cognitivo-comportementale pour un symptôme qu'ils considèrent comme d'origine organique.

Les résultats de l'étude ont montré une amélioration, post séances RV de la gêne induite par des acouphènes subjectifs unilatéraux, équivalente à celle obtenue par une prise en charge par TCC.

Les auteurs souhaitent désormais renouveler cette étude en bénéficiant des progrès technologiques dont la RV fait l'objet, à savoir l'utilisation de matériel plus ergonomique d'emploi et de scènes visuelles 3D réalistes et davantage immersives. L'équipe de recherche souhaite également élargir les critères de recrutement aux acouphènes bilatéraux pour une meilleure représentativité de la population acouphénique.

L'objet de ce travail consiste à valider un nouveau test d'acouphénométrie en auto-évaluation proposé par l'application Diapason conçu par la société Immersive Therapy à l'origine du logiciel de réalité virtuelle. Le son synthétisé durant l'acouphénométrie sera ensuite implémenté dans l'environnement virtuel sous forme d'un Acvatar que le sujet pourra déplacer à sa convenance afin d'en modifier la perception pour finalement aboutir à une modulation de l'interaction du sujet avec son propre acouphène.

Cependant l'équipe de recherche travaillant encore sur le développement d'une passerelle permettant d'importer le son synthétisé vers le logiciel de RV, nous avons utilisé un bruit de thérapie disponible dans le logiciel de réalité virtuelle pour assurer le masquage de l'acouphène du patient.

## b. Tinnometer

Ce produit développé par Xavier Carriou, s'appuie sur le postulat qu'un acouphène peut être synthétisé par un bruit extérieur généré selon les caractéristiques physiques suivantes :

- La fréquence centrale
- La largeur de bande de part et d'autre en octave
- La pente de chaque côté

La combinaison de ces paramètres permettrait de modéliser la quasi-totalité des acouphènes. De ce fait, une première version élaborée en 2007 appelée Wave Creator permettra de reproduire l'enveloppe de n'importe quel son au format 5.1. Cependant, la fabrication du signal est trop chronophage et désagréable d'attente pour le patient.

Différentes évolutions ont permis d'aboutir en 2016 à la création du Tinnometer distribué par la société MedRX, incluant désormais des questionnaires d'évaluation et un rapport éditable.

L'audiomètre Tinnometer utilisé par les professionnels de l'acouphène est un outil robuste de par l'étendue des paramètres acoustiques modifiables et la précision avec laquelle il est possible de les moduler, ce qui nous a naturellement conduit à son utilisation comme référence pour la validation du nouveau test d'acouphénométrie de Diapason.

## c. Diapason

Diapason est une application développée par la start-up « Immersive Therapy » fondée par Lilian Delaveau. Cette plateforme est destinée aux personnes souffrant d'acouphènes chroniques et propose sous forme d'activités ludiques des thérapies sonores à pratiquer quotidiennement. Ces exercices sont inspirés des modèles bien connus de la littérature traitant sur le sujet et sont personnalisés selon l'acouphène diagnostiqué en amont par le patient dans le module « Diagnostic ».

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### Objectif principal :

Etudier la relation de corrélation entre les correspondances spectrales de l'acouphène mesurées sur le Tinnometer et l'application Diapason que nous souhaitons valider en vue d'une utilisation dans le cadre de l'étude Réva2.

### Objectifs secondaires :

- Évaluer l'efficacité d'une mise en situation de RV dans le traitement des acouphènes.
- Étudier la relation de corrélation entre les caractéristiques psychoacoustique de l'acouphène, l'âge des sujets et le score THI.

## 1. Population

Le recrutement est réalisé dans le centre « acouphène » du service d'ORL et de Chirurgie Cervico-Faciale de l'hôpital Européen Georges Pompidou. Ce centre spécialisé dans la prise en charge des patients acouphéniques associe ORL et médecins psychologues ou psychiatres

### a. Population retenue pour l'étude

La population retenue pour l'étude comprend 20 patients, 12 hommes et 8 femmes âgés de 23 à 68 ans pour un âge moyen de 45,8 ans.

La moyenne de PTA pour l'oreille droite est de 13,1 dB HL. La PTA minimale est de -1,25 dB HL et la maximale à 28,8 dB HL pour un écart-type égal à 8,43 dB HL.

La moyenne de PTA pour l'oreille gauche est de 13,8 dB HL. La PTA minimale est de -3,75 dB HL et la maximale à 32,5 dB HL pour un écart-type égal à 8,94 dB HL.

On recense au sein de la population :

- 9 patients avec un acouphène bilatéral,
- 6 patients avec un acouphène localisé dans l'oreille droite,
- 5 patients avec un acouphène localisé dans l'oreille gauche.

La moyenne des scores THI est de 50,36. Le score THI minimum est de 22 et le maximum à 73 pour un écart-type égal à 16,6.

La moyenne des pertes tonales de l'oreille droite et de l'oreille gauche sont représentées selon les graphiques suivants :

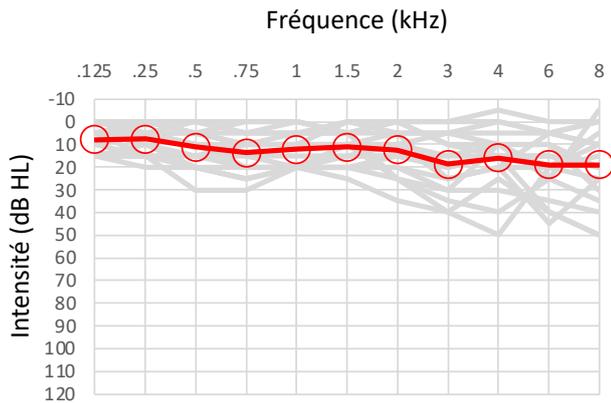


Figure 1 : PTA moyenne de l'oreille droite mesurée au casque.

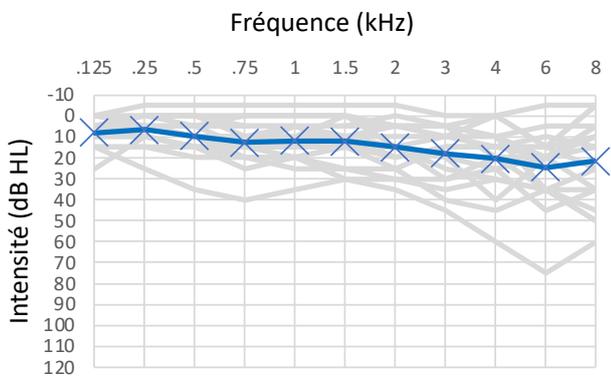


Figure 2 : PTA moyenne de l'oreille gauche mesurée au casque.

## 2. Matériel

### a. Matériel général

- Un audiomètre AC40 Interacoustics
- Un casque TDH39
- Un iPad avec l'application Diapason
- Un audiomètre Tinnometer
- Une échelle visuelle analogique (EVA)
- Un casque de RV Oculus Rift S/ 2 manettes Oculus Rift Touch
- Logiciel : Excel, Jamovi, Immersive Therapy

### b. Matériel d'acouphénométrie

Module Tinnometer :



Figure 3 : Interface graphique du logiciel Tinnometer.

Module Diapason :

À chaque position du doigt sur le quadrillage, correspond un couple de caractéristiques spectrales « fréquence centrale / bande passante » simulant un acouphène qui est audible instantanément durant la manipulation par l'intermédiaire d'un casque relié à la tablette.

La fréquence centrale est liée à la coordonnée Y du quadrillage et suit une progression quasi-logarithmique entre 20Hz et 20kHz. La bande passante est liée à la coordonnée X du quadrillage et suit également une progression quasi-logarithmique entre une bande passante arbitrairement étroite (son pur) et une largeur de 2,5 octaves.



Figure 4 : Interface smartphone d'acouphénométrie de l'application Diapason.

### c. Réalité Virtuelle

Le patient est placé en immersion dans une scène virtuelle visuelle simple. Un livre appelé « AcouphénométrieBook » représentant un objet sonore peut être déplacé dans l'environnement par le biais des manettes. Ce livre est rattaché à un bruit de thérapie mélodique qui sera spatialisé en temps réel en fonction de la position que lui donne le patient dans l'espace virtuel, par simple déplacement du capteur qu'il tient dans sa main ou par la modification de la scène visuo-auditive transcrite par les mouvements de rotation de la tête.

## 3. Méthode

### a. Protocole

Chaque patient est reçu par un médecin ORL selon le même déroulement qu'une consultation « Acouphène et Hyperacousie » de routine. Un questionnaire THI est administré au patient.

Phase préliminaire :

- Otoscopie
- Une audiométrie tonale par voie aérienne au casque TDH39 oreilles séparées par méthode ascendante est réalisée avec un audiomètre clinique AC40 Interacoustics selon une calibration récente.
- Une audiométrie vocale par voie aérienne au casque oreilles séparées avec l'utilisation de listes dissyllabiques de Fournier est réalisée.

Acouphénométrie :

- Une acouphénométrie auto-évaluée est effectuée par le patient dans le module « Diagnostic » de l'application Diapason sur un iPad relié à un casque HD400S Sennheiser. L'utilisateur est amené à déplacer son doigt sur le quadrillage 2D afin de reproduire le son qui se rapproche le plus de son acouphène subjectif. Si l'acouphène est unilatéral, le patient présente la stimulation dans l'oreille controlatérale par comparaison d'après les recommandations du CIBA. Si l'acouphène est bilatéral, le patient présente la stimulation dans l'oreille où l'acouphène est prédominant.
- Une correspondance spectrale de l'acouphène est réalisée au casque TDH39 avec un audiomètre Tinnometer de MedRX selon la procédure du double choix par escalier (2AFC) décrite précédemment.

Réalité virtuelle :

- La tâche du sujet consiste à manipuler le livre représentant le stimulus sonore pour le placer à différentes positions (en distance ou en localisation directionnelle) en cherchant à masquer son acouphène sans indication précise de la part de l'expérimentateur qui surveillera l'évolution du patient dans l'environnement de réalité virtuelle pour l'aider si besoin et surveiller l'absence de survenue d'effet indésirable lié à l'immersion.

**b. Evaluation de l'acouphénométrie**

La validation du test d'acouphénométrie Diapason reposera sur la comparaison des correspondances spectrales (fréquence centrale et bande d'octave) mesurées via l'application et le Tinnometer. En raison des confusions d'octave constatées dans la littérature, on considèrera qu'une différence inférieure de ± une octave entre les deux mesures justifiera une concordance. En revanche au-delà d'une octave, la différence devient significative et permettra de statuer sur la non-concordance des correspondances.

Pour appuyer ce résultat, une analyse statistique par un calcul du coefficient de corrélation sera réalisée selon la loi de distribution des données déterminée en amont.

**c. Evaluation de l'immersion en réalité virtuelle**

L'efficacité de la stratégie thérapeutique d'immersion en RV sur la gêne induite par les acouphènes sera évaluée par des échelles visuelles analogiques (EVA).

Une première évaluation de la gêne est mesurée en pré-immersion puis une seconde en post-immersion.

La qualité de l'expérience en environnement virtuelle sera évaluée par des EVAs portant sur l'appréciation d'immersion, la spatialisation du son, la qualité de la mélodie et sa masquabilité.

**3. RÉSULTATS**

**1. Etude de la corrélation entre Diapason et Tinnometer**

**a. Fréquence centrale**

Les données de correspondance de la fréquence centrale mesurées via le module « Diagnostic » de l'application Diapason et celles mesurées sur le Tinnometer sont représentées selon le graphique suivant :

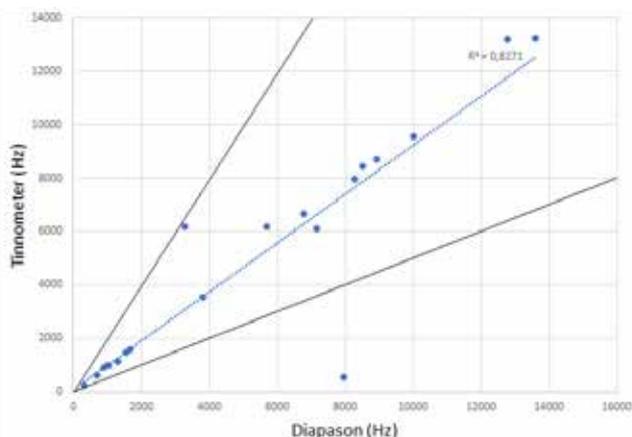


Figure 5 : Graphique en nuage de point du pitch Tinnometer en fonction du pitch Diapason.

Le coefficient de corrélation  $\rho = 0,862$  et la valeur de  $p < 0,001$  nous permettent d'affirmer qu'il existe une corrélation positive entre la fréquence centrale de l'acouphène mesurée par le Tinnometer et celle mesurée sur l'application Diapason.

De même, on remarque sur le graphique qu'un seul couple de valeur n'est pas compris dans l'intervalle d'erreur d'une octave représentée en noir ci-dessus, on remarque également un second couple de valeur compris dans l'intervalle mais largement dispersé par rapport à la tendance que décrivent les données.

**b. Bande d'octave**

Les données de correspondance de la bande d'octave mesurées via le module « Diagnostic » de l'application Diapason et celle mesurées sur le Tinnometer sont représentées selon le graphique suivant :

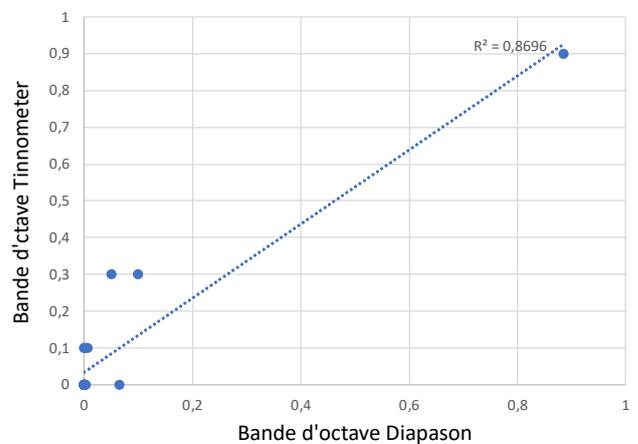


Figure 6 : Graphique en nuage de point de la bande d'octave Tinnometer et la bande d'octave Diapason.

Le coefficient de corrélation  $\rho = 0,721$  et la valeur de  $p < 0,001$  nous permettent d'affirmer qu'il existe une corrélation positive entre la bande d'octave de l'acouphène mesurée par le Tinnometer et celle mesurée sur l'application Diapason.

**2. Etude de l'immersion en réalité virtuelle**

**a. Efficacité thérapeutique**

Les EVAs gêne induite par l'acouphène avant immersion et en post-immersion sont représentées selon le graphique suivant :

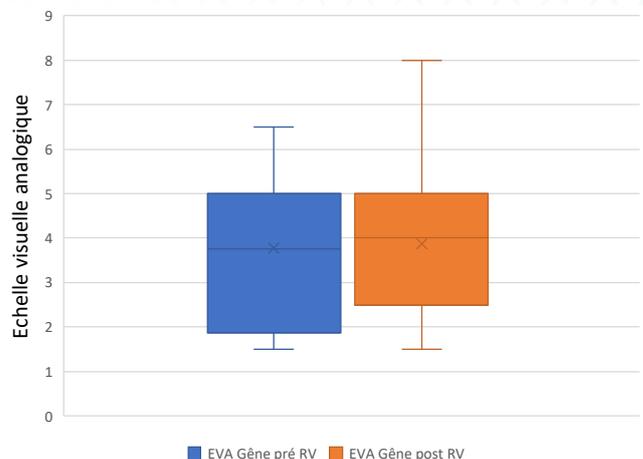


Figure 7 : Graphique représentant les EVAs gêne mesurées en pré et post-immersion RV.

Les moyennes des EVAs gène pré RV et post RV sont respectivement de 3,77 et 3,88.

La valeur de  $p = 1,000$  nous permet d'affirmer qu'il n'existe pas de différence significative entre les moyennes EVAs gène pré et post RV.

Ce résultat ne permet pas de mettre en évidence une amélioration significative de la gêne induite par les acouphènes suite à une thérapie par réalité virtuelle-auditive.

Cependant si l'on s'attarde sur les résultats obtenus pour chaque individu, on constate qu'il existe des modifications de la gêne qu'il convient de souligner.

Le graphique suivant représente l'évolution des EVAs et permet d'apprécier la modulation de gêne pour chaque sujet :

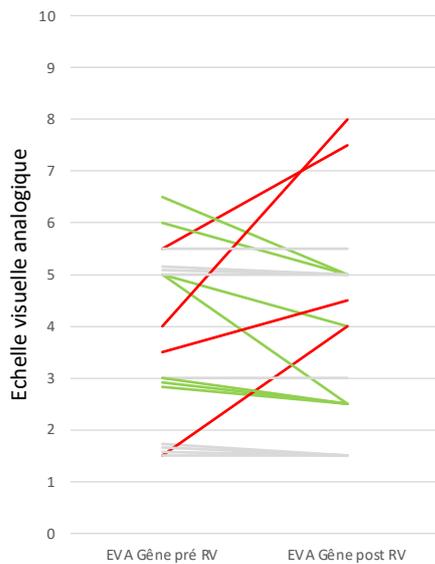


Fig 8 : Graphique représentant l'évolution des EVAs par patient.

En raison de plusieurs doublons dans nos résultats, nous avons décalé les courbes pour une meilleure lisibilité. On précisera tout de même les résultats suivants :

- Une augmentation de la gêne perçue chez 4 sujets
- Une diminution de la gêne perçue chez 7 sujets
- Aucune modification de la gêne perçue chez 9 sujets

Pour l'échantillon présentant une modulation, on constate une variation plus franche chez les patients retranscrivant une augmentation de gêne mesurée en moyenne à 2,375 sur l'EVA comparé aux patients avec une diminution de la gêne induite en moyenne de 1,071.

Ce résultat justifie la stabilité de gêne moyenne constatée malgré un nombre plus important de patients en situation d'amélioration et par conséquent l'absence d'efficacité mesurée.

Pour les sujets en situation d'amélioration, une diminution pertinente de la gêne est observée pour des EVAs de gêne pré-RV supérieure ou égale à 5. En revanche, on constate une majoration de la gêne quel que soit l'EVA mesurée en pré-RV chez les sujets en situation de dégradation.

**b. Qualité d'expérience**

Les EVAs mesurées pour statuer sur l'appréciation d'immersion, la spatialisation du son, la qualité de la mélodie et sa masquabilité sont représentées selon le graphique suivant :

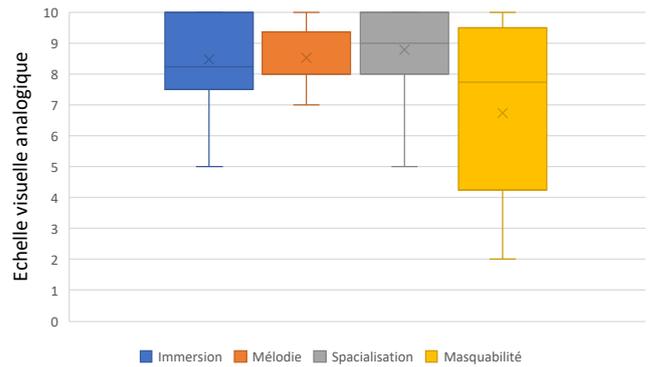


Fig 9 : Graphique représentant les EVAs de jugement caractéristique de l'immersion en RV.

Les moyennes des EVAs « Immersion », « Mélodie », « Spatialisation » et « Masquabilité » sont respectivement égales à 8,475 ; 8,55 ; 8,8 et 6,75.

En absence de valeurs références, on considérera qu'une EVA supérieure à 7 témoigne d'une appréciation satisfaisante du caractère évalué.

De ce fait le réalisme de la réalité virtuelle et le sentiment d'immersion semblent être partagés par la population étudiée.

En revanche, on constate que le potentiel masquant de la mélodie sur l'acouphène n'est pas unanime et suscite des variations importantes allant de 2 à 10 sur l'EVA.

En raison de ce résultat et de la variabilité constatée dans la modification de gêne perçue, il nous paraît pertinent d'étudier un potentiel lien entre la masquabilité de l'acouphène et la modulation de gêne mesurée.

Le graphique suivant représente l'EVA masquabilité en fonction du différentiel de gêne entre les situations Post et Pré-RV :

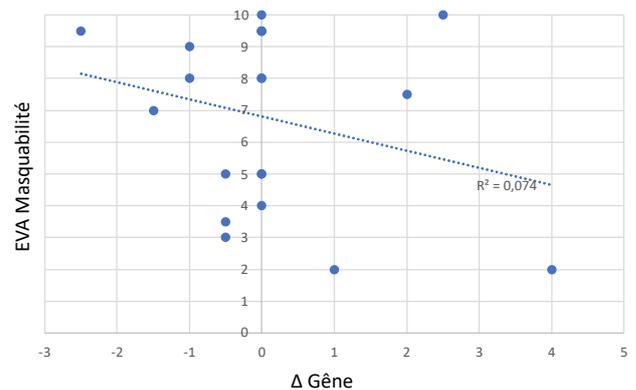


Fig 10 : Graphique en nuage de point de l'EVA masquabilité en fonction de Δ Gène.

Le coefficient de corrélation  $r = -0,272$  et la valeur de  $p = 0,246$  ne permettent pas d'affirmer qu'il existe une corrélation entre l'EVA Masquabilité et la différence de gêne mesurée.

De ce fait la modification de gêne n'est pas totalement justifiée par le masquage de l'acouphène contrairement à ce que l'on pourrait s'attendre.

On constate que deux patients avec des EVAs masquabilité égales à 7,5 et 10 témoignent une majoration de la gêne respectivement de 2 et 2,5 sur l'EVA. Ces deux résultats peuvent sembler contre-intuitif et contribuent fortement à cette absence de corrélation démontrée que nous commenterons dans la partie Discussion.

Bien qu'aucune corrélation n'ait pu être établie, il demeure que la masquabilité induite par la mélodie fait l'objet d'importantes variations.

De ce fait, on souhaite s'intéresser à la détermination des facteurs qui peuvent justifier une telle dispersion des réponses.

Le graphique suivant représente l'EVA masquabilité mesurée en post-RV en fonction de la fréquence centrale de l'acouphène évaluée sur le module Diapason :

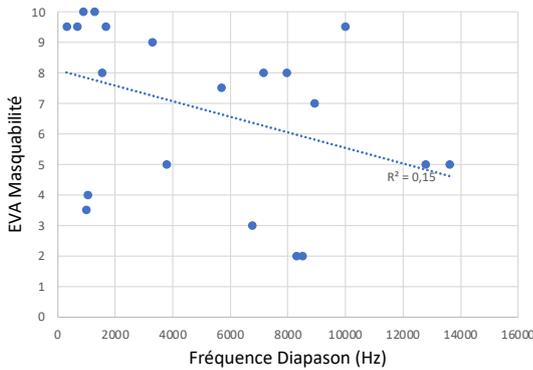


Fig 11 : Graphique en nuage de point représentant l'EVA masquabilité en fonction de la fréquence acouphène sur Diapason.

Le coefficient de corrélation  $\rho = -0,433$  et la valeur de  $p = 0,05$  nous permettent d'affirmer qu'il existe une corrélation négative entre la sensation de masque de la mélodie et la fréquence centrale de l'acouphène mesurée sur Diapason.

En d'autres termes, on constate que plus la fréquence centrale de l'acouphène est aigue moins la mélodie de thérapie aura tendance à masquer l'acouphène ce qui pourrait justifier la disparité des réponses constatée précédemment.

De ce fait on peut s'interroger sur le matériel masquant utilisé. Il nous a paru pertinent d'analyser le contenu spectral de la mélodie afin de statuer sur ses propriétés de masquage inhérentes au spectre fréquentielle qui la caractérise et potentiellement justifier un défaut de masque au-delà d'une certaine fréquence (ou sur certaines fréquences). L'analyse du spectrogramme n'a pas été rendu possible.

### 3. Etude globale

#### a. Relation Fréquence centrale et Âge

Le graphique suivant représente la fréquence centrale de l'acouphène mesurée sur l'application Diapason en fonction de l'âge des sujets :

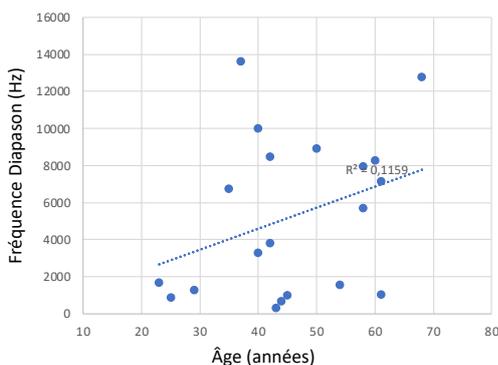


Fig 12 : Graphique en nuage de point de la fréquence centrale Diapason en fonction de l'âge.

Le coefficient de corrélation  $\rho = 0,213$  et la valeur de  $p = 0,355$  ne permettent pas d'affirmer qu'il existe une corrélation entre la fréquence centrale de l'acouphène et l'âge du sujet.

On peut en conclure que la représentativité de la fréquence centrale de l'acouphène semble être la même quel que soit l'âge des sujets au sein de la population étudiée.

#### b. Relation score THI et Fréquence centrale

Le graphique suivant représente le score THI en fonction de la fréquence centrale de l'acouphène mesurée sur Diapason :

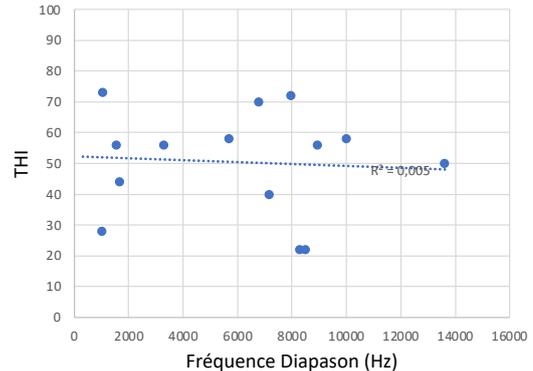


Fig 13 : Graphique en nuage de point du score THI en fonction de la Fréquence centrale Diapason.

Le coefficient de corrélation  $r = -0,070$  et la valeur de  $p = 0,805$  ne permettent pas d'affirmer qu'il existe une corrélation entre le score obtenu au questionnaire THI et la fréquence centrale de l'acouphène.

En d'autres termes, la fréquence centrale de l'acouphène ne semble pas corrélée à la gêne quotidienne induite par ce dernier au sein de la population étudiée.

### 4. DISCUSSION

Cette présente étude avait pour objectif de valider un nouveau test d'acouphénométrie proposé par l'application Diapason dans le cadre d'une future étude conduite au sein du département ORL de l'hôpital Européen Georges Pompidou. Nous avons montré qu'il existe une corrélation entre les correspondances spectrales de l'acouphène mesurées sur l'audiomètre Tinnometer et l'application Diapason.

Pour appuyer ce travail nous souhaitons également comparer nos résultats avec une correspondance spectrale effectuée sur un audiomètre conventionnel. Cependant nous n'arrivons pas à déterminer de façon satisfaisante le spectre de l'acouphène chez certains patients en raison d'une limitation aux fréquences standards de l'audiométrie. De ce fait, nous avons focalisé notre validation sur la comparaison des résultats avec notre référence principale le Tinnometer mais finalement il aurait été judicieux d'utiliser ces résultats afin de justifier l'importance d'un outil à l'échelle continue pour réaliser une acouphénométrie correctement ciblée.

Au cours de nos mesures, nous avons repéré des résultats surprenants. Malgré des procédures de test-retest, deux sujets font correspondre la fréquence centrale de leur acouphène avec des différences de 2900 et 7088 Hz entre Diapason et Tinnometer.

Une étude similaire de pitch matching (4) partage les mêmes observations et évoque en première intention des confusions d'octave. Cependant pour des fréquences élevées, ces incertitudes ne permettent pas d'expliquer une telle variabilité.

« ... le principal bénéfice de la réalité virtuelle réside dans son pouvoir distracteur, PUISQUE L'HUMAIN POSSÈDE DES CAPACITÉS ATTENTIONNELLES LIMITÉES. »

L'auteur fait mention d'un acouphène dit complexe à composantes multiples, de ce fait la correspondance dépendrait du critère de jugement choisi par le patient pour matcher la stimulation avec l'une des composantes du spectre fréquentiel de son acouphène et pourrait donc justifier ces variations constatées. Les acouphènes fluctuants pourraient également être responsables de ces différences rendant les procédures de matching plus complexes pour la mesure de ces derniers <sup>5</sup>.

De ce fait et dans le cadre de la prochaine étude, nous pourrions recommander une nouvelle exploration systématique de l'acouphène en amont de chaque séance d'immersion en réalité virtuelle-auditive afin d'obtenir un Acvatar le plus représentatif de l'acouphène perçu par le patient à l'instant donné.

Une exploitation audioprothétique pourrait être envisageable. Pouvoir préciser la bande de fréquence permettrait de privilégier une majoration de l'amplification des sons faibles sur cette même bande afin de réduire l'émergence de l'acouphène et suscite donc un intérêt prothétique <sup>6</sup>.

Ce travail consistait également à mesurer une amélioration de la gêne perçue chez une population avec acouphènes subjectifs invalidants après immersion en réalité virtuelle-auditive.

Contrairement à l'étude princeps <sup>3</sup> réalisée au sein de l'hôpital Européen Georges Pompidou, cette étude ne permet pas de mettre en évidence l'efficacité d'une thérapie d'immersion en réalité virtuelle-auditive dédiée aux patients avec acouphènes chroniques invalidants selon les modalités de passation qui ont été choisis.

Bien que la précédente étude et celle-ci prônent l'utilisation de la réalité virtuelle, il est important de rappeler que les conditions de passation ne sont pas les mêmes : la première tend à favoriser la dissociation de l'acouphène subjectif perçu par le patient de son image mentale par l'utilisation d'un Acvatar caractérisé selon les mêmes composantes spectrales que l'acouphène, tandis que cette présente étude se contente d'associer les bienfaits de la réalité virtuelle avec les stratégies de thérapies sonore couramment utilisées.

Malgré une absence de diminution de la gêne moyenne au sein de la population, il n'en demeure pas moins que certains sujets ont pu expérimenter un soulagement immédiat. Néanmoins ce bénéfice reste minime et ne s'avère pas cliniquement intéressant chez des sujets associés à une EVA de gêne inférieure ou égale à 5. De même, on s'aperçoit que les sujets peu gênés au départ ne perçoivent pas d'amélioration et seraient donc probablement peu sensibles à cette thérapie. Ces résultats permettent de confirmer qu'une telle prise en charge est destinée à des sujets avec une gêne suffisante pour bénéficier d'un impact thérapeutique convainquant.

Cependant, ces absences de modulation de gêne pourraient tout de même s'expliquer par le temps consacré en immersion. Contrairement à l'étude menée en 2016, la séance de RV était de 5 minutes au lieu d'une heure. De même seule une séance a pu être effectuée contre huit pour l'étude princeps. On peut donc supposer que le temps accordé aux sujets ait été insuffisant pour s'imprégner de la scène visuo-auditive afin que l'immersion dans l'environnement virtuel puisse avoir une incidence positive.

Les études mettant à profit la RV pour le traitement des douleurs chroniques mentionnent le « skill-building » qui correspond à un engagement élevé du sujet dans la RV permettant à ce dernier de développer des capacités de gestion de la douleur et favoriser un certain contrôle <sup>7</sup>. En raison des analogies avec l'acouphène, on pourrait donc s'attendre à ce que les

sujets aient également recours à cette stratégie mais il semblerait qu'une seule séance ne suffise pas pour générer une telle ressource et favoriser des résultats concluants au premier abord.

D'autre part, le principal bénéfice de la réalité virtuelle réside dans son pouvoir distracteur puisque l'humain possède des capacités attentionnelles limitées <sup>8</sup>.

L'interaction avec un environnement virtuel solliciterait une partie des ressources attentionnelles et de ce fait le sujet serait moins vigilant aux signaux perçus par le cortex auditif générés par l'acouphène d'origine périphérique. Cependant dans notre étude la consigne donnée au patient est de manipuler à sa convenance l'objet virtuel visuel associé à une mélodie de thérapie afin de masquer son acouphène. De ce fait les capacités attentionnelles du sujet seraient de nouveau engagées dans la perception de l'acouphène neutralisant le bénéfice distracteur que la RV cherche à promouvoir.

Une telle stratégie reste discutable puisqu'elle pourrait aggraver le caractère intrusif de l'acouphène <sup>2</sup> et notamment argumenter une majoration de la gêne constatée chez une partie de la population.

Les évaluations de la qualité d'expérience en réalité virtuelle affirment des résultats positifs, en revanche la sensation de masque de l'acouphène par la mélodie de thérapie semble être partagée au sein de la population étudiée. Nous nous sommes donc aperçus qu'il existe une relation de corrélation entre la fréquence centrale de l'acouphène et la sensation de masque de la mélodie que procure cette dernière. Parmi les six études ayant fait l'objet d'une méta analyse <sup>9</sup>, chacune rapporte l'utilisation d'un bruit blanc ou d'un bruit large bande pour assurer un masquage efficace de l'acouphène.

Il serait donc recommandé l'utilisation d'un bruit de thérapie personnalisé <sup>10</sup> selon le spectre de l'acouphène afin de masquer efficacement ce dernier comme c'est d'ailleurs le cas pour les exercices thérapeutiques proposés par l'application Diapason ou lors d'une prise en charge audioprothétique <sup>11</sup>.

Pour approfondir notre analyse, nous trouvons pertinent d'analyser le spectre fréquentiel caractéristique de la mélodie de thérapie utilisée afin de rechercher un éventuel lien entre le spectrogramme et le défaut de masque que nous constatons pour des acouphènes localisés sur les fréquences aiguës. Cependant cette exploration n'a pas pu aboutir.

Nos données ne permettent pas d'affirmer qu'il existe une corrélation entre la masquabilité de l'acouphène et la variation de gêne. Il apparaît que même si l'acouphène semble correctement masqué cela ne suscite pas une diminution de la gêne chez certains patients comme c'est le cas pour une partie de la population étudiée dans cette étude <sup>12</sup> rapportant une absence d'amélioration chez 30% des sujets. Il convient de noter que les travaux traitant sur l'efficacité d'une thérapie de masquage s'étendent généralement sur plusieurs mois afin de solliciter les processus d'habituations <sup>13</sup> et prétendre à des résultats positifs.

De ce fait, mesurer une amélioration de gêne par cette présente étude s'évérait quelque peu optimiste.

Nous avons constaté chez deux sujets associés à une EVA masquabilité de 10 et 7,5 une aggravation conséquente de la gêne induite. Ces résultats pourraient en partie s'expliquer par le niveau sonore du bruit de thérapie trop élevé conduisant à une majoration de la perception de l'acouphène et de la gêne induite. Vernon affirme qu'il n'est pas nécessaire de masquer totalement l'acouphène et recommande l'utilisation d'un niveau de masque le plus faible possible permettant de soulager le patient <sup>11</sup>. Par ailleurs, l'inhibition totale de l'acouphène peut

occasionner une émergence plus importante de ce dernier au retrait du bruit masquant et conduire à une augmentation de la gêne perçue.

Tout comme ce travail traitant sur les corrélations entre les différentes évaluations de l'acouphène<sup>14</sup>, nous n'avons pas trouvé de concordance entre le pitch de l'acouphène et l'âge des sujets. De même, aucune corrélation n'a pu être établie entre le score THI et le pitch de l'acouphène.

## 5. CONCLUSION

En conclusion, ce travail aura permis de mettre en évidence une corrélation entre les correspondances spectrales mesurées sur l'audiomètre Tinnometer et l'application Diapason. Ce résultat permet de conduire à la validation du test qui pourra faire l'objet d'une utilisation dans le cadre de la prochaine étude Réva2.

Au-delà d'une application hospitalière, nous pourrions envisager que l'acouphénométrie Diapason puisse faire l'objet d'une utilisation en laboratoire d'audioprothèse en raison de sa facilité d'acquisition et de manipulation. Bien que ce test ne soit pas calibré, il propose une modulation satisfaisante des paramètres acoustiques, à contrario des audiomètres conventionnels parfois insuffisants, dont il serait regrettable de se priver compte tenu de la nécessité d'un outil suffisamment performant si l'on souhaite prétendre à une évaluation psychoacoustique fiable. Une utilisation en consultation acouphénique courante permettrait de statuer sur la pertinence d'un tel outil dans nos laboratoires.

L'acouphénométrie Diapason permet uniquement de mesurer la fréquence centrale et la bande d'octave centrée sur cette dernière. Par conséquent, si l'on souhaite réaliser une acouphénométrie complète selon le protocole standardisé recommandé par le CIBA, l'audiomètre Tinnometer demeure le meilleur choix.

Bien que nous n'ayons pas mis en évidence une efficacité de la RV pour le traitement des acouphènes, cette démarche est accueillie favorablement par les patients en quête de thérapies novatrices puisqu'elle suscite la curiosité et comporte un aspect ludique. L'affranchissement de toute connotation psychologique ainsi qu'une passation des séances indépendante des compétences du clinicien font de la RV une stratégie de prise en charge prometteuse pour les patients en situation d'échec thérapeutique.

Bien que son application ne soit encore réservée qu'au domaine de la recherche clinique, les résultats encourageants de l'étude princeps sont favorables à l'émergence de futures études comparables naturellement attendues.

## BIBLIOGRAPHIE

1. *Virtual reality as an adjunctive non-pharmacologic analgesic for acute burn pain during medical procedures* - PubMed [Internet]. [cité 18 mai 2022]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21264690/>
2. Roberts LE, Husain FT, Eggermont JJ. *Role of attention in the generation and modulation of tinnitus*. *Neurosci Biobehav Rev.* sept 2013;37(8):1754-73.
3. *Auditory and visual 3D virtual reality therapy as a new treatment for chronic subjective tinnitus: Results of a randomized controlled trial* - PubMed [Internet]. [cité 18 mai 2022]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26773752/>

4. Penner MJ. *Variability in matches to subjective tinnitus*. *J Speech Hear Res.* juin 1983;26(2):263-7.
5. Formby C, Gjerdingen DB. *Pure-Tone Masking of Tinnitus*. *Audiology.* 1 janv 1980;19(6):519-35.
6. Vernon J. *Attempts to relieve tinnitus*. *J Am Audiol Soc.* févr 1977;2(4):124-31.
7. Ahmadpour N, Randall H, Choksi H, Gao A, Vaughan C, Poronnik P. *Virtual Reality interventions for acute and chronic pain management*. *Int J Biochem Cell Biol.* sept 2019;114:105568.
8. Kahneman D. *Attention and effort*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall; 1973.
9. Hobson J, Chisholm E, El Refaie A. *Sound therapy (masking) in the management of tinnitus in adults*. *Cochrane Database Syst Rev.* 14 nov 2012;11:CD006371.
10. Davis PB, Paki B, Hanley PJ. *Neuromonics Tinnitus Treatment: third clinical trial*. *Ear Hear.* avr 2007;28(2):242-59.
11. Vernon JA, Meikle MB. *Masking devices and alprazolam treatment for tinnitus*. *Otolaryngol Clin North Am.* avr 2003;36(2):307-20, vii.
12. Bartnik G, Fabijańska A, Rogowski M. *Experiences in the treatment of patients with tinnitus and/or hyperacusis using the habituation method*. *Scand Audiol Suppl.* 2001;(52):187-90.
13. Jastreboff PJ. *Tinnitus retraining therapy*. *Prog Brain Res.* 2007;166:415-23.
14. Nascimento I da P, Almeida AA, Diniz J, Martins ML, Freitas TMMWC de, Rosa MRD da. *Tinnitus evaluation: relationship between pitch matching and loudness, visual analog scale and tinnitus handicap inventory*. *Braz J Otorhinolaryngol.* oct 2019;85(5):611-6.



Cabinet  
**BAILLY**

à votre écoute depuis  
plus de 110 ans

**ASSURANCES AIDES AUDITIVES**  
**PERTE • VOL • CASSE TOUS DOMMAGES**

Des garanties complètes  
basées sur le prix de vente de l'appareil  
Souscription d'une durée au choix pour **1 an ou 4 ans**

**GESTION SIMPLIFIÉE**

Le cabinet BAILLY s'occupe de tout  
Audioprothésistes, nous vous déchargeons de toute gestion  
de la souscription au règlement des sinistres.



**POUR TOUS**

Le cabinet BAILLY est à l'écoute  
des enfants et des adultes

**À partir de**  
**35€/an**

**99€ pour 4 ans**

**CONTACTEZ**  
**NOUS**

🏠 5 rue Saint-Didier  
52600 HORTES

☎ 03 25 87 57 22

@ contact@ab2a.fr

f ab2a.bailly

**ReSound OMNIA**

Solution auditive conçue pour l'écoute dans le bruit

Essayez.  
Écoutez.  
Adaptez.

Avec **ReSound OMNIA**, vos clients classe II peuvent mieux entendre dans le bruit avec une amélioration jusqu'à 150% de la compréhension de la parole.\*

Cette prouesse est rendue possible grâce à notre audiologie exclusive Organic Hearing™.

Désormais disponible en mini-RIE, customs et BTE rechargeables.



**Nouveau mini-RIE !**



## RELATION ENTRE DES MÉTHODES OBJECTIVES ET SUBJECTIVES DE L'INTENSITÉ SONORE, CHEZ DES NORMO ENTENDANTS ET DES MALENTENDANTS APPAREILLÉS



### Auteur

Elsa LEGRIS

Audioprothésiste DE  
Master Audiologie et  
Troubles du Langage  
Doctorat en Neurosciences

Les aides auditives sont réglées à partir de mesures subjectives (seuils d'audition et sonie). Le but de cette étude était de déterminer des évaluations objectives pour mesurer la sonie, et ainsi aider aux réglages des aides auditives. Des potentiels évoqués auditifs corticaux et la pupillométrie ont été utilisés chez des normo entendants et des sujets malentendants appareillés. Les résultats montrent un impact de l'intensité de la stimulation sur les réponses.

### INTRODUCTION

Une perte auditive peut être compensée par un appareillage auditif. A partir des mesures subjectives obtenues à l'audiométrie, des cibles de réglage sont utilisées pour ajuster le réglage de l'appareil de correction auditive (ACA)<sup>1,2</sup>. Cependant, ces méthodes de réglage ne garantissent pas du succès de l'appareillage. Les patients sont ensuite amenés à retourner voir leur audioprothésiste pour témoigner de leurs perceptions sonores et ajuster les réglages<sup>3-8</sup>. Les aides auditives sont donc réglées à partir d'indices subjectifs. Malheureusement, certains patients ne sont pas en capacité pour témoigner de leur ressenti<sup>9</sup>. Ceci est particulièrement vrai pour des patients adultes avec des déficits fonctionnels (paralysie ou cognition), et plus encore chez les très jeunes enfants ayant une surdité pré linguale. Pour ces très jeunes patients, le réglage de l'aide auditive est primordial pour assurer un bon développement du langage<sup>10-13</sup>. Il est essentiel que le réglage de l'aide auditive ne soit pas trop bas (perte d'informations) ou trop fort (inconfort entraînant son rejet). Pour les adultes, un réglage confortable conditionne également la réussite de l'appareillage. Actuellement, il existe très peu de mesures objectives permettant de quantifier les perceptions auditives. Les potentiels évoqués auditifs corticaux (PEAC) ont été utilisés dans des études comme outil clinique pour régler des aides auditives chez des enfants<sup>14,15</sup>. Les PEAC permettent d'obtenir des informations sur les perceptions auditives perçues au niveau cortical. Ils sont constitués de 2 ondes positives P1 (60-80 ms) et P2 (100-160 ms), et une onde négative N1 (90-100 ms)<sup>16</sup>. Cependant cette technique est longue et fastidieuse, ce qui la rend difficilement utilisable dans la pratique clinique courante. L'impédancemétrie avec le réflexe stapédien est un examen objectif plus rapide, mais permet uniquement l'évaluation des niveaux d'inconfort<sup>17,18</sup>.

La pupillométrie est un examen objectif permettant d'évaluer la douleur<sup>19,20</sup>, l'attention sélective<sup>21</sup>, la motivation<sup>22</sup>, et

la cohérence linguistique du stimuli<sup>23</sup>. La pupillométrie a également été utilisée pour évaluer l'efficacité des aides auditives. Par exemple, l'activation des réducteurs de bruits induit une diminution de l'effort d'écoute<sup>24</sup>, de meilleures performances, et une dilatation pupillaire plus petite pour des rapports signal sur bruit faibles<sup>25</sup>. La pupillométrie a également été montrée comme sensible à la modification de l'intensité d'un stimulus<sup>26-28</sup>, ce qui laisse supposer son potentiel pour aider aux réglages des aides auditives.

Une étude récente de Legris et al réalisée en 2022, a tenté d'utiliser les PEAC et la pupillométrie pour objectiver les réglages des aides auditives<sup>29</sup>. Ces deux techniques ont été confrontées à l'analyse subjective classique de la perception de sonie (échelle de catégorisation en intensité). L'objectif ultime de cette étude était de déterminer des marqueurs objectifs des perceptions sonores auditives, afin d'optimiser les réglages des ACA. Les résultats de cette étude sont présentés dans cette revue.

### MÉTHODE

#### Participants

Deux groupes de sujets adultes ont été inclus : (1) normo entendant (NE) (n=17, âge moyen=64 ans) et malentendant (ME) (n=17, âge moyen=76 ans). Les malentendants avaient pour étiologie une presbycusie, et leur perte auditive était de grade moyen. Ils portaient tous des appareils de correction auditive (ACA) depuis au moins une année, et leur temps de port était de 6 heures par jour minimum. Le réglage des aides auditives était contrôlé par une mesure in vivo.

Afin d'étudier la perception subjective de la sonie par les patients, une échelle de catégorisation de sonie a été utilisée.

L'évaluation objective de la perception en intensité a été réalisée avec les potentiels évoqués auditifs corticaux (PEAC) et la pupillométrie.

Pour ces trois évaluations, le même stimulus a été choisi : une bouffée tonale de fréquence 1kHz, envoyée en champ libre via deux hauts parleurs situés à -45° et +45°. Les stimuli étaient envoyés selon un ordre aléatoire.

Les patients malentendants étaient évalués avec et sans leurs aides auditives.

### Echelle de catégorisation de la sonie

Il était demandé aux patients d'évaluer leur sensation de sonie sur une échelle allant de 0 (inaudible) à 10 (intolérable). L'ensemble des mesures ont été réalisées à trois reprises. Pour le groupe malentendant (ME), les résultats ont été relevés avec et sans leurs ACA.

### Potentiels évoqués auditif corticaux (PEAC)

L'électroencéphalogramme a été réalisé avec le matériel Neuroscan, utilisant un total de 64 électrodes, avec pour référence le nez. Les enregistrements ont ensuite été analysés sur le logiciel ELAN, afin d'extraire les artéfacts liés aux mouvements oculaires<sup>30</sup>.

Les réponses auditives corticales ont été évaluées par le Global Field Power (GFP), qui correspond à la déviation standard à travers les électrodes en fonction du temps, et permet la quantification de l'activité simultanée de toutes les électrodes<sup>31</sup>. La morphologie du GFP est composée de pics (P1, N1 et P2), identifiés par inspection visuelle. Ces pics ont également été analysés pour l'électrode fronto centrale Cz.

### Pupillométrie

Les enregistrements ont été effectués avec le matériel SMI iView X RED (version 2.8). La luminosité de la pièce était contrôlée à chaque session (20 lux). Une image était présentée sur un écran au patient. Il s'agissait d'un fond gris avec une croix au centre. Les sujets avaient pour instruction de fixer cette croix.

La baseline de la pupille a été déterminée comme étant la moyenne du diamètre pupillaire, sur une période de 1 seconde précédant le début de la stimulation. Les tracés ont été corrigés par rapport à la baseline. Deux mesures pupillaires ont été extraites de cette analyse : (1) l'amplitude de la dilatation pupillaire, (2) la latence du pic de dilatation pupillaire. Ces éléments sont illustrés sur la Figure 1.

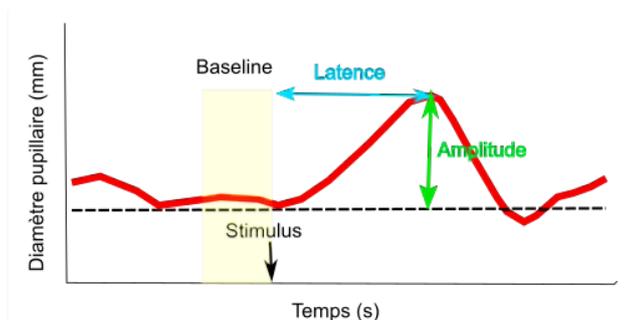


Figure 1. Illustration des résultats exploités en pupillométrie. Le maximum du diamètre pupillaire correspond à l'amplitude. La latence correspond à l'intervalle entre le début du stimulus et le maximum du pic de dilatation en amplitude. Le trait en pointillé représente la ligne de base, et la zone colorée en jaune à la période utilisée pour estimer la baseline (1 seconde).

### Statistiques

Pour les NE, une ANOVA à mesure répétée à 1 facteur a été utilisée pour évaluer l'impact de l'intensité.

Pour les ME, une ANOVA à mesure répétée à 2 facteurs a été employée pour évaluer l'effet de l'intensité et l'amplification de l'ACA.

La comparaison entre les NE et les ME (avec et sans ACA) a été réalisée avec une ANOVA non paramétrique de Kruskal Wallis.

## RÉSULTATS

### Echelle de catégorisation de sonie

L'intensité de la stimulation avait un fort impact sur la perception de sonie ( $p < 0.001$ ) pour l'ensemble des 2 groupes (NE et ME).

Les résultats étaient significativement plus importants pour les NE par rapport aux ME ( $p < 0.01$ ). Les patients ME avaient des résultats plus élevés lorsqu'ils portaient leurs ACA ( $p < 0.001$ ).

### PEACs

La Figure 2 représente les résultats obtenus pour les NE et ME sur l'électrode Cz et le GFP.

L'intensité présentait un fort impact pour l'électrode fronto centrale Cz. L'amplitude augmentait et la latence diminuait avec l'intensité de la stimulation pour les ondes N1 et P2 ( $p < 0.05$ ). Des résultats similaires ont été constatés pour le GFP en amplitude (ondes P1, N1 et P2,  $p < 0.05$ ) et en latence (ondes P1 et N1,  $p < 0.05$ ).

L'effet d'amplification de l'ACA n'était pas significatif pour l'électrode Cz ( $p > 0.05$ ), mais montrait des différences pour les amplitudes des ondes P1, N1 et P2 ( $p < 0.05$ ) du GFP.

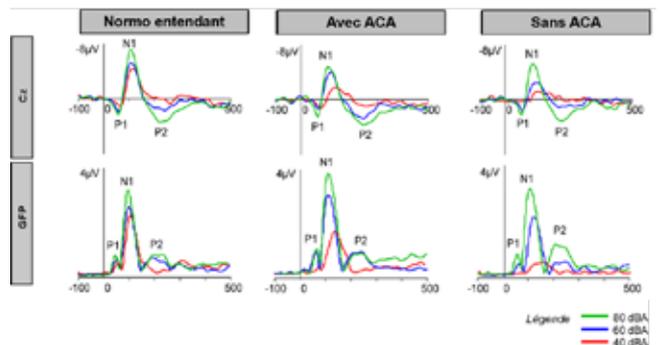


Figure 2. Moyenne des PEAC enregistrés pour l'électrode Cz (en haut) et le GFP (en bas) pour une bouffée tonale de fréquence 1kHz présentée à 40, 60 et 80 dBA pour des NE (avec et sans ACA). Figure extraite de l'article de Legris et al (2022)<sup>[29]</sup>.

Les groupes ME et NE présentait des résultats différents. Pour l'électrode Cz, les sujets NE avaient des amplitudes plus importantes que celles des ME avec et sans appareils (ondes N1,  $p < 0.05$ ) et des latences plus courtes (ondes P1 et N1,  $p < 0.05$ ). Des résultats similaires ont été observés pour le GFP en amplitude (N1,  $p < 0.05$ ) et en latence (P1,  $p < 0.05$ ).

### Pupillométrie

La Figure 3 représente la moyenne obtenue pour une dilatation pupillaire consécutive à l'envoi de la stimulation sonore, aux trois intensités, pour les 2 groupes.

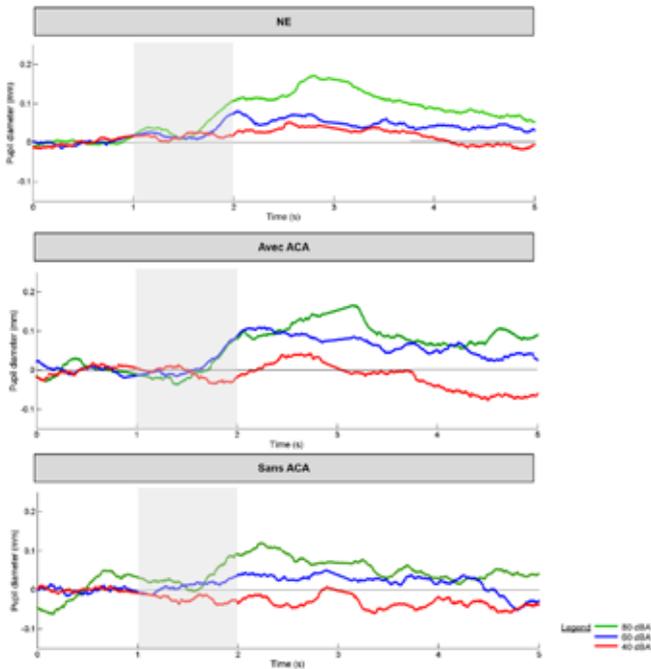


Figure 3. Pic du diamètre pupillaire en fonction du temps pour les NE et les ME (avec et sans ACA) après l'envoi d'une bouffée tonale de fréquence 1kHz pendant une durée de 1 seconde (zone grisée). Figure extraite de l'article de Legris et al (2022)<sup>[29]</sup>.

Pour le groupe NE, les résultats ont montré une augmentation significative du diamètre pupillaire et de sa latence ( $p < 0.001$ ), plus l'intensité du stimulus était importante.

Le groupe ME montrait un résultat similaire pour le diamètre pupillaire ( $p = 0.036$ ), mais pas pour sa latence.

L'effet d'amplification générée par l'ACA n'a pas montré de différence significative ( $p < 0.05$ ).

L'ANOVA Kruskal Wallis permettant de comparer les groupes; montrait uniquement une latence plus importante pour les NE, en comparaison avec les patients ME sans leurs ACA à 80 dBA ( $p = 0.009$ ).

### Relations entre mesures objectives et subjectives

Une analyse en composante principale focalisée a été réalisée afin de voir si la variable d'intérêt (la sonie) était corrélée aux méthodes objectives (pupillométrie et PEAC). La Figure 4 représente le résultat de cette analyse. Le point central correspond à la variable d'intérêt (sonie), et les points autour, aux variables explicatives (ou mesures objectives). Des cercles concentriques entourent le point central. Ces cercles correspondent aux différentes valeurs du coefficient de corrélation obtenu entre la variable d'intérêt et les variables explicatives. Plus les points étaient proches du centre, plus les variables étaient liées à la perception de sonie <sup>[32,33]</sup>. On considère ici que seules les variables ayant une corrélation supérieure à 0,5 étaient représentatives.

Pour les NE, la sonie était positivement corrélée au complexe [N1-P2] en amplitude pour l'onde Cz, au diamètre pupillaire et à sa latence ; et négativement corrélée à l'amplitude de l'onde N1 du GFP. Pour les malentendants avec leur aide auditive allumée, la sonie était positivement corrélée à l'onde P1 du GFP, et négativement corrélée à la latence de l'onde P1 et N1 en Cz, et la latence de l'onde N1 du GFP. Lorsque l'ACA était éteint, la sonie était positivement corrélée à l'amplitude des ondes P1 et N1 du GFP. (Figure 4)

### DISCUSSION

Le but de cette étude était d'évaluer l'impact de l'intensité sonore sur la sonie, la pupillométrie, et les PEAC, afin de déterminer des marqueurs objectifs de confort auditif. Les résultats montrent un fort impact de l'intensité sur l'ensemble des mesures pour les deux groupes de sujets (NE et ME). Le port de l'appareil auditif entraînait peu de différence sur les résultats des mesures objectives, contrairement aux tests subjectifs. Des corrélations significatives ont été trouvées entre les mesures objectives et subjectives. L'ensemble de ces résultats sera discuté ci-dessous.

### Effet de l'intensité

Sans surprise, la sensation de sonie était étroitement liée à l'intensité de la stimulation sonore. De même, le port des ACA améliorait les perceptions auditives en intensité pour les ME.

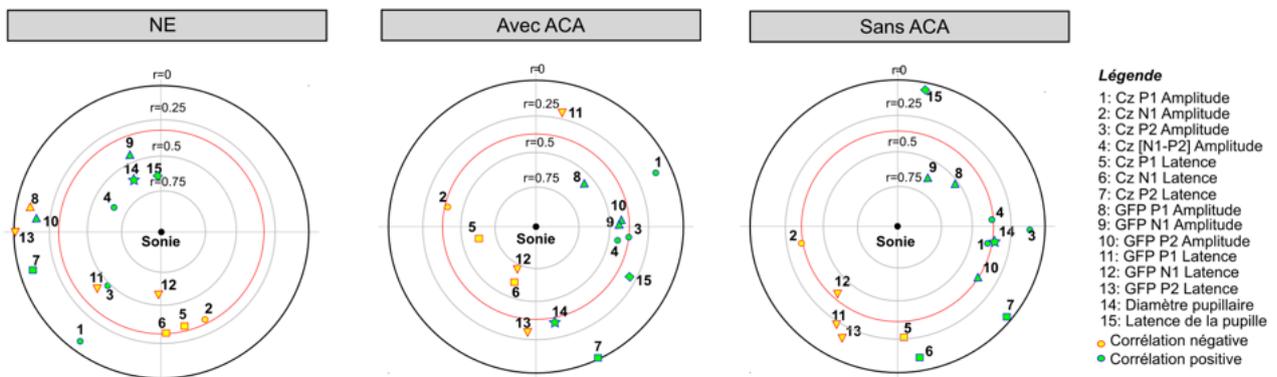


Figure 4. Résultats de l'analyse en composantes principales focalisées, entre la perception subjective de l'intensité (sonie) et les réponses objectives à des stimuli pour des groupes NE et ME (avec et sans ACA). Le graphique présente au centre, la variable à expliquer (sonie), et autour, les variables explicatives (pupillométrie et PEAC). Les cercles représentent l'amplitude en Cz, les carrés la latence en Cz, les triangles vers le haut l'amplitude du GFP, les triangles vers le bas la latence du GFP, les étoiles représentent le diamètre pupillaire, et les losanges caractérisent la latence de la pupille. Les symboles vert et jaune représentent les corrélations positive et négative entre les variables dépendantes et explicatives, respectivement. Les variables explicatives comprises dans le cercle rouge étaient significativement corrélées à la variable dépendante ( $p < 0.05$ ). Figure extraite de l'article de Legris et al (2022)<sup>29</sup>.

Concernant les PEAC, l'intensité avait une influence sur la morphologie des ondes avec des amplitudes plus grandes et des latences plus précoces lorsque l'intensité de la stimulation augmentait. La latence plus courte reflétait une diminution du temps de conduction neural, et l'augmentation de l'amplitude correspondait à une réponse neurale plus forte<sup>40-53</sup>. Ces résultats étaient conformes à la littérature déjà établie sur ce sujet<sup>40-53</sup>.

La pupillométrie témoigne de résultats similaires, principalement chez les sujets NE, pour qui le diamètre pupillaire et la latence augmentait avec l'intensité. D'autres études avaient reporté des effets similaires<sup>26-28</sup>. L'augmentation de la réponse pupillaire peut s'expliquer par la nature du stimulus. Celui-ci arrive de façon soudaine, et est alors inconnu de l'auditeur, ce qui pourrait provoquer un effet d'attention automatique. L'audition étant importante pour les sous d'alerte, les hautes intensités pourraient être interprétées comme un signal d'alarme ou un environnement stressant, venant perturber le système nerveux autonome. Comme la pupille dépend du système nerveux autonome<sup>[48]</sup>, elle s'adapte à la demande environnementale, et donc à son environnement sonore. La pupillométrie peut également donner une estimation de l'effort mental, et a été corrélée avec l'activité du locus coeruleus<sup>[49]</sup>. De hautes intensités pourraient nécessiter d'une durée plus longue pour arriver à la dilatation complète, du fait de la décharge en noradrénaline<sup>49</sup>, induisant une latence plus tardive, comme le groupe de NE en témoigne.

### Effet de l'amplification de l'aide auditive sur la perception de sonie, les PEAC, et les réponses en pupillométrie

Lors de l'évaluation de la sonie, les patients ME avaient des perceptions plus fortes lorsqu'ils portaient leurs aides auditives, excepté à 80 dB. On peut supposer qu'à un niveau d'intensité de 80 dB, une saturation physiologique se mettait en place<sup>50</sup>.

Pour les PEAC, l'ACA entraînait une augmentation des réponses auditives corticales en amplitude, mais pas en latence. L'amplification de l'ACA entraînerait donc une augmentation du recrutement du nombre de neurones, sans pour autant affecter le traitement temporel auditif<sup>51</sup>. De précédentes études ont été réalisées chez des sujets NE, testés avec et sans ACA, et montraient que l'amplitude des PEAC diminuait<sup>52</sup>, ou n'était pas affectée<sup>[47,53]</sup>, par l'amplification de l'ACA. D'autres études incluant des sujets ME, montraient des réponses auditives corticales non modifiées par l'amplification de l'ACA<sup>54</sup>. Dans cette étude, l'effet induit par l'amplification de l'ACA n'apportait pas d'effet robuste, bien que les participants aient portés leurs ACA depuis au moins une année. Une explication possible serait que la stimulation auditive induite par l'ACA n'affecterait pas la représentation neurophysiologique du son au niveau du cortex auditif. Ainsi, l'amplification de l'ACA affecterait différemment les réponses neurales, en comparaison de l'intensité du stimulus.

Concernant les résultats de pupillométrie, aucun effet de l'amplification de l'ACA n'a pu être relevé. Les PEAC et la pupillométrie, ne seraient donc pas les meilleures techniques pour évaluer objectivement les effets d'amplification liés à l'ACA.

### Relation entre mesures objectives et subjective

L'analyse en composantes principale focalisée a montré peu de relations entre les réponses subjectives (sonie) et objectives (pupillométrie et PEAC). Aussi, les résultats différaient en fonction des groupes (NE ou ME). Pour les NE, la sonie était significativement associée avec l'amplitude du complexe [N1-P2] en Cz, l'amplitude de l'onde P1 du GFP, ainsi que la dilatation pupillaire et sa latence. Pour les ME avec ACA, la sonie était significativement corrélée à la latence des ondes P1 et N1 en Cz, l'amplitude de l'onde P1 du GFP, et la latence de l'onde N1 du GFP. Lorsque l'ACA était éteint, la sonie était uniquement associée à l'amplitude des ondes P1 et N1 du GFP.

### Limites

Des études complémentaires incluant davantage de sujets seraient nécessaires pour confirmer les effets observés dans cette étude. Également, seule la fréquence 1-kHz a été testée, or des fréquences plus aiguës pourraient affecter différemment les réponses en intensité. En effet, la sonie a été montrée comme dépendante des propriétés spectrales<sup>55-57</sup> et temporelles<sup>58-60</sup> du son.

Seuls des sujets adultes ont été inclus dans cette étude. Les réponses des PEACs diffèrent en fonction de l'âge<sup>61</sup>.

Il serait donc intéressant d'évaluer de jeunes enfants, afin d'analyser les réponses auditives corticales et la pupillométrie.

Enfin, de nombreux facteurs contribuent à la réussite d'un appareillage, comme par exemple les spécificités liées à la prothèse auditive (directivité microphonique, traitement de signal, réglages du gain) et au patient (âge, motivation, attention, personnalité, style de vie)<sup>52</sup>. Aussi, le confort auditif avec l'ACA n'est pas le seul élément permettant la satisfaction, il s'agit d'une problématique plus complexe.

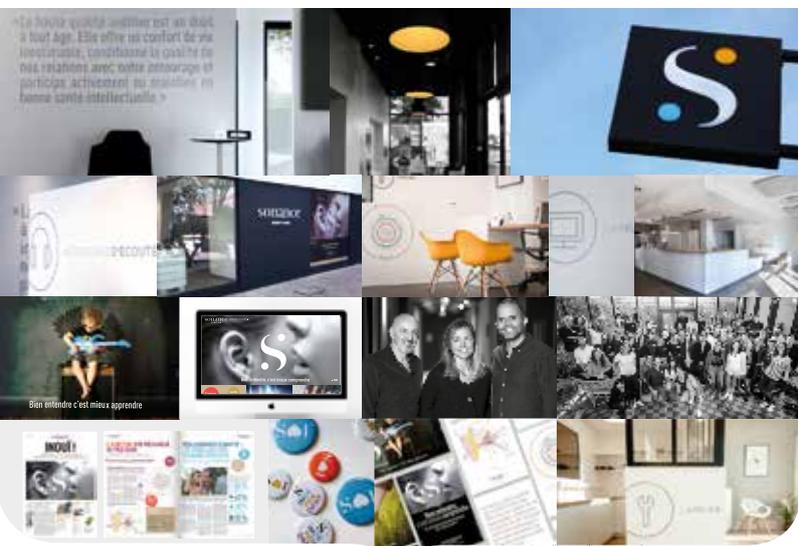
### CONCLUSIONS

Les réponses subjective (sonie) et objectives (pupillométrie et PEAC) à l'intensité sonore ont été mesurées chez des sujets ME (avec et sans ACA) et NE. Pour l'ensemble des groupes, la sonie augmentait avec l'intensité; pour les patients ME, la sonie était plus importante lorsque l'ACA était allumé. La plupart des réponses des PEAC ont montré des réponses significatives en intensité chez les NE et les ME ; il y avait un faible impact de l'amplification des ACA. De manière similaire, des réponses significatives ont été trouvées pour la dilatation de la pupille et sa latence en intensité chez les NE et les ME ; sans effet de l'amplification de l'ACA sur les réponses pupillaires. L'analyse en composante principale focalisée montrait des relations entre mesures objectives et subjective. Des recherches complémentaires permettraient de mieux comprendre les relations liant l'intensité du stimulus, la sonie et les mesures objectives.

« Enfin, de nombreux facteurs contribuent à la réussite d'un appareillage, COMME PAR EXEMPLE LES SPÉCIFICITÉS LIÉES À LA PROTHÈSE AUDITIVE (DIRECTIVITÉ MICROPHONIQUE, TRAITEMENT DE SIGNAL, RÉGLAGES DU GAIN) ET AU PATIENT (ÂGE, MOTIVATION, ATTENTION, PERSONNALITÉ, STYLE DE VIE). »

## RÉFÉRENCES

1. Keidser, G.; Dillon, H.; Flax, M.; Ching, T.; Brewer, S. The NAL-NL2 Prescription Procedure. *Audiol. Res.* 2011, 1, doi:10.4081/audiore.2011.e24.
2. Scollie, S.; Seewald, R.; Cornelisse, L.; Moodie, S.; Bagatto, M.; Laurnagaray, D.; Beaulac, S.; Pumford, J. The Desired Sensation Level Multistage Input/Output Algorithm. *Trends Amplif.* 2005, 9, 159-197, doi:10.1177/108471380500900403.
3. Beck, D. Programmable Instruments and Successive Approximations. 1997, 4, 21-26.
4. Jenstad, L.M.; Van Tasell, D.J.; Ewert, C. Hearing Aid Troubleshooting Based on Patients' Descriptions. *J. Am. Acad. Audiol.* 2003, 14, 347-360.
5. Kuk, F. How Flow Charts Can Help You Troubleshoot Hearing Aid Problems. *Hear J* 1999, 52, 46-52.
6. Kuk, F. Using the i/o Curve to Help Solve Subjective Complaints with WDRC Hearing Instruments. *Hear Rev* 1998, 8-59.
7. Schum DJ, Burton C, Christensen J The Use of Advanced Fitting Software in the Counseling Process. *Hear Rev* 1997, 4, 59-62.
8. Schweitzer C, Mortz M, Vaughan N Perhaps Not by Prescription—but by Perception. *High Perform Hear Sol.* 1999, 58-62.
9. Abrams, H. B., & Kihm, J. An Introduction to MarkeTrak IX: A New Baseline for the Hearing Aid Market. 2015, 16.
10. Artières, F.; Vieu, A.; Mondain, M.; Uziel, A.; Venail, F. Impact of Early Cochlear Implantation on the Linguistic Development of the Deaf Child. *Otol. Neurotol. Off. Publ. Am. Otol. Soc. Am. Neurotol. Soc. Eur. Acad. Otol. Neurotol.* 2009, 30, 736-742, doi:10.1097/MAO.0b013e3181b2367b.
11. Nikolopoulos, T.P.; Gibbin, K.P.; Dyar, D. Predicting Speech Perception Outcomes Following Cochlear Implantation Using Nottingham Children's Implant Profile (NChIP). *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 2004, 68, 137-141.
12. Niparko, J.K.; Tobey, E.A.; Thal, D.J.; Eisenberg, L.S.; Wang, N.-Y.; Quittner, A.L.; Fink, N.E.; CDaCI Investigative Team Spoken Language Development in Children Following Cochlear Implantation. *JAMA* 2010, 303, 1498-1506, doi:10.1001/jama.2010.451.
13. O'Donoghue, G.M.; Nikolopoulos, T.P.; Archbold, S.M. Determinants of Speech Perception in Children after Cochlear Implantation. *Lancet Lond. Engl.* 2000, 356, 466-468, doi:10.1016/S0140-6736(00)02555-1.
14. Purdy, S.; Katsch, R.; Dillon, H.; Storey, L.; Sharma, M.; Agung, K. Aided Cortical Auditory Evoked Potentials for Hearing Instrument Evaluation in Infants. 2018.
15. Mehta, K.; Mahon, M.; Van Dun, B.; Marriage, J.; Vickers, D. Clinicians' Views of Using Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEP) in the Permanent Childhood Hearing Impairment Patient Pathway. *Int. J. Audiol.* 2020, 59, 81-89, doi:10.1080/14992027.2019.1654623.
16. McPherson, D.L. McPherson, D.L. Evoked Potential Ser. *Provo Singul. Publ. Group Inc* 1996.
17. Kosaner, J. Generating Speech Processor Programmes for Children Using ESRT Measurements. *Cochlear Implants Int.* 2010, 11, 20-24, doi:10.1179/146701010X12726366068535.
18. Kosaner, J.; Anderson, I.; Turan, Z.; Deibl, M. The Use of ESRT in Fitting Children with Cochlear Implants. *J. Int. Adv. Otol.* 2009, 5, 70-79.
19. Bertrand, A.L.; Garcia, J.B.S.; Viera, E.B.; Santos, A.M.; Bertrand, R.H. Pupillometry: The Influence of Gender and Anxiety on the Pain Response. *Pain Physician* 2013, 16, E257-266.



"Sonance Audition est un groupement d'audioprothésistes indépendants, créé en 2014 par des audioprothésistes pour des audioprothésistes afin de promouvoir ensemble notre métier, développer notre savoir-faire et affirmer passionnément nos valeurs."

Rejoignez-nous !

9 ANS !



185 centres

110 audioprothésistes

RÉSEAU D'AUDIOPROTHÉSISTES  
INDÉPENDANTS

sonance  
AUDITION

ENTRE NOUS, IL Y A L'ÉCOUTE.

- 20. Connelly, M.A.; Brown, J.T.; Kearns, G.L.; Anderson, R.A.; St Peter, S.D.; Neville, K.A. Pupillometry: A Non-Invasive Technique for Pain Assessment in Paediatric Patients. *Arch. Dis. Child.* 2014, 99, 1125–1131, doi:10.1136/archdischild-2014-306286.
- 21. Hillyard, S.A.; Hink, R.F.; Schwent, V.L.; Picton, T.W. Electrical Signs of Selective Attention in the Human Brain. *Science* 1973, 182, 177–180.
- 22. Kahneman, D.; Onuska, L.; Wolman, R.E. Effects of Grouping on the Pupillary Response in a Short-Term Memory Task. *Q. J. Exp. Psychol.* 1968, 20, 309–311, doi:10.1080/14640746808400168.
- 23. Schlurhoff, M.; Zimmermann, T.E.; Freeman, R.B.; Hofmeister, K.; Lorscheid, T.; Weber, A. Pupillary Responses to Syntactic Ambiguity of Sentences. *Brain Lang.* 1986, 27, 322–344, doi:10.1016/0093-934X(86)90023-4.
- 24. Fiedler, L.; Seifi Ala, T.; Graversen, C.; Alickovic, E.; Lunner, T.; Wendt, D. Hearing Aid Noise Reduction Lowers the Sustained Listening Effort During Continuous Speech in Noise-A Combined Pupillometry and EEG Study. *Ear Hear.* 2021, 42, 1590–1601, doi:10.1097/AUD.0000000000001050.
- 25. Micula, A.; Rönnerberg, J.; Fiedler, L.; Wendt, D.; Jørgensen, M.C.; Larsen, D.K.; Ng, E.H.N. The Effects of Task Difficulty Predictability and Noise Reduction on Recall Performance and Pupil Dilation Responses. *Ear Hear.* 2021, 42, 1668–1679, doi:10.1097/AUD.0000000000001053.
- 26. Nunnally, J.C.; Knott, P.D.; Duchnowski, A.; Parker, R. Pupillary Response as a General Measure of Activation. *Percept. Psychophys.* 1967, 2, 149–155, doi:10.3758/BF03210310.
- 27. Antikainen, J.; Niemi, P. Neuroticism and the Pupillary Response to a Brief Exposure to Noise. *Biol. Psychol.* 1983, 17, 131–135, doi:10.1016/0301-0511(83)90013-3.
- 28. Jones, P.D.; Loeb, M.; Cohen, A. Effects of Intense Continuous- and Impact-Type Noise on Pupil Size and Visual Acuity. *J. Am. Audiol. Soc.* 1977, 2, 202–207.
- 29. Legris, E.; Galvin, J.; Mofid, Y.; Aguillon-Hernandez, N.; Roux, S.; Aoustin, J.-M.; Gomot, M.; Bakhos, D. Relationship between Behavioral and Objective Measures of Sound Intensity in Normal-Hearing Listeners and Hearing-Aid Users: A Pilot Study. *Brain Sci.* 2022, 12, 392, doi:10.3390/brainsci12030392.
- 30. Aguera, P.-E.; Jerbi, K.; Caclin, A.; Bertrand, O. ELAN: A Software Package for Analysis and Visualization of MEG, EEG, and LFP Signals. *Comput. Intell. Neurosci.* 2011, 2011, 158970, doi:10.1155/2011/158970.
- 31. Skrandies, W. Global Field Power and Topographic Similarity. *Brain Topogr.* 1990, 3, 137–141.
- 32. Falissard, B. Focused Principal Component Analysis: Looking at a Correlation Matrix with a Particular Interest in a Given Variable. *J. Comput. Graph. Stat.* 1999, 8, 906–912, doi:10.2307/1390833.
- 33. Falissard, B. A Spherical Representation of a Correlation Matrix. *J. Classif.* 1996, 13, 267–280, doi:10.1007/BF01246102.
- 34. Adler, G.; Adler, J. Influence of Stimulus Intensity on AEP Components in the 80- to 200-Millisecond Latency Range. *Audiology* 1989, 28, 316–324, doi:10.3109/00206098909081638.
- 35. Beagley, H.A.; Knight, J.J. Changes in Auditory Evoked Response with Intensity. *J. Laryngol. Otol.* 1967, 81, 861–873.
- 36. Boothroyd, A. Recovery of Speech Perception Performance after Prolonged Auditory Deprivation: Case Study. *J. Am. Acad. Audiol.* 1993, 4, 331–336; discussion 336-7.
- 37. Bruneau, N.; Roux, S.; Garreau, B.; Lelord, G. Frontal Auditory Evoked Potentials and Augmenting-Reducing. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. Potentials Sect.* 1985, 62, 364–371, doi:10.1016/0168-5597(85)90045-0.
- 38. Khechinashvili, S.N.; Kevanishvili, Z.S.; Kajaia, O.A. Amplitude and Latency Studies of the Averaged Auditory Evoked Responses to Tones of Different Intensities. *Acta Otolaryngol. (Stockh.)* 1973, 76, 395–401.
- 39. Martin, B.A.; Boothroyd, A. Cortical, Auditory, Evoked Potentials in Response to Changes of Spectrum and Amplitude. *J. Acoust. Soc. Am.* 2000, 107, 2155–2161.
- 40. McCandless, G.A.; Best, L. Summed Evoked Responses Using Pure-Tone Stimuli. *J. Speech Lang. Hear. Res.* 1966, 9, 266–272, doi:10.1044/jshr.0902.266.
- 41. Moore, E.J.; Rose, D.E. Variability of Latency and Amplitude of Acoustically Evoked Responses to Pure Tones of Moderate to High Intensity. *Int. Audiol.* 1969, 8, 172–181, doi:10.3109/05384916909070204.
- 42. Polich, J.; Aung, M.; Dalessio, D.J. Long Latency Auditory Evoked Potentials: Intensity, Inter-Stimulus Interval, and Habituation. *Pavlov. J. Biol. Sci.* 1988, 23, 35–40.
- 43. Potter, T.; Li, S.; Nguyen, T.; Nguyen, T.; Ince, N.; Zhang, Y. Characterization of Volume-Based Changes in Cortical Auditory Evoked Potentials and Prepulse Inhibition. *Sci. Rep.* 2017, 7, doi:10.1038/s41598-017-11191-3.
- 44. Prakash, H.; Abraham, A.; Rajashekar, B.; Yerraguntla, K. The Effect of Intensity on the Speech Evoked Auditory Late Latency Response in Normal Hearing Individuals. *J. Int. Adv. Otol.* 2016, 12, 67–71, doi:10.5152/iao.2016.1776.
- 45. Rapin, I.; Schimmel, H.; Tourk, L.M.; Krasnegor, N.A.; Pollak, C. Evoked Responses to Clicks and Tones of Varying Intensity in Waking Adults. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1966, 21, 335–344.
- 46. Roth, W.T.; Dorato, K.H.; Kopell, B.S. Intensity and Task Effects on Evoked Physiological Responses to Noise Bursts. *Psychophysiology* 1984, 21, 466–481.
- 47. Billings, C.J.; Tremblay, K.L.; Souza, P.E.; Binns, M.A. Effects of Hearing Aid Amplification and Stimulus Intensity on Cortical Auditory Evoked Potentials. *Audiol. Neurotol.* 2007, 12, 234–246, doi:10.1159/000101331.
- 48. Smadja D., Mas J. L., de Recondo Anatomie Des Voies Sympathiques et Parasymphathiques Oculaires. In: 1988; Vol. 21007 A 50, p. 4.
- 49. Laeng, B.; Sirois, S.; Gredebäck, G. Pupillometry: A Window to the Preconscious? *Perspect. Psychol. Sci. J. Assoc. Psychol. Sci.* 2012, 7, 18–27, doi:10.1177/1745691611427305.
- 50. Dillon, H. *Hearing Aids*. In: Hodder Arnold, 2008 ISBN 978-0-340-80893-1.
- 51. Eggermont, J. Electric and Magnetic Fields of Synchronous Neural Activity. *Audit. Evoked Potentials Basic Princ. Clin. Appl.* 2007, 2–21.
- 52. Billings, C.J.; Tremblay, K.L.; Miller, C.W. Aided Cortical Auditory Evoked Potentials in Response to Changes in Hearing Aid Gain. *Int. J. Audiol.* 2011, 50, 459–467, doi:10.3109/14992027.2011.568011.
- 53. Tremblay, K.L.; Kalstein, L.; Billings, C.J.; Souza, P.E. The Neural Representation of Consonant-Vowel Transitions in Adults Who Wear Hearing Aids. *Trends Amplif.* 2006, 10, 155–162, doi:10.1177/1084713806292655.
- 54. Dawes, P.; Munro, K.J.; Kalluri, S.; Edwards, B. Auditory Acclimatization and Hearing Aids: Late Auditory Evoked Potentials and Speech Recognition Following Unilateral and Bilateral Amplification. *J. Acoust. Soc. Am.* 2014, 135, 3560–3569, doi:10.1121/1.4874629.
- 55. Anne-Kristin, A.; L, V.J. Spectral Loudness Summation for Short and Long Signals as a Function of Level | Researcher Information | J-GLOBAL. *J. Acoust Soc Am* 2006, 119, 2919–2928.
- 56. Garnier, S.; Michey, C.; Arthaud, P.; Collet, L. Effect of Frequency Content on Categorical Loudness Normalization. *Scand. Audiol.* 2000, 29, 253–259.
- 57. Leibold, L.J.; Tan, H.; Khaddam, S.; Jesteadt, W. Contributions of Individual Components to the Overall Loudness of a Multitone Complex. *J. Acoust. Soc. Am.* 2007, 121, 2822–2831, doi:10.1121/1.2715456.
- 58. Florentine, M.; Buus, S.; Poulsen, T. Temporal Integration of Loudness as a Function of Level. *J. Acoust. Soc. Am.* 1996, 99, 1633–1644.
- 59. Stéphane Garnier, L.C., Christophe Michey, Patrick Arthaud, Christian Berger-Vachon Temporal Loudness Integration and Spectral Loudness Summation in Normal-Hearing and Hearing-Impaired Listeners. *Acta Otolaryngol. (Stockh.)* 1999, 119, 154–157, doi:10.1080/00016489950181567.
- 60. Zwillocki, J.J. Temporal Summation of Loudness: An Analysis. *J. Acoust. Soc. Am.* 1969, 46, 431–441.
- 61. Bakhos, D.; Delage, H.; Galvin, J.; Lescanne, E.; Roux, S.; Bonnet-Brilhault, F.; Bruneau, N. Cortical Electrophysiological Markers of Language Abilities in Children with Hearing AIDS: A Pilot Study. *BioMed Res. Int.* 2014, 2014, 198153, doi:10.1155/2014/198153.



IMPLANT COCHLÉAIRE

## Électrode Cochlear™ Slim Modiolar

# Conçue pour épouser la forme naturelle de la cochlée



### POSITIONNEMENT

Positionnement adapté et insertion complète dans la rampe tympanique.<sup>1-4</sup>



### STIMULATION

Stimulation précise et efficace du nerf auditif.<sup>5</sup>



### RÉSULTATS AUDITIFS

Amélioration des performances auditives.<sup>2-4,6-8</sup>

[www.cochlear.com/fr](http://www.cochlear.com/fr)



1. Aschendorff A, Briggs R, Brademann G, Helbig S, Hornung J, Lenarz T, Marx M, Ramos A, Stover T, Escude B, James CJ. Clinical investigation of the Nucleus Slim Modiolar Electrode. *Audiology & Neurotology*. 2017;22:169-179. 2. Shaul C, Dragovic AS, Stringer AK, O'Leary SJ, Briggs RJ. Scalar localisation of perimodiolar electrodes and speech perception outcomes. *J Laryngol Otol*. 2018;132:1000-6. 3. Ramos Macías A, Borkoski Barreiro SA, Falcón González JC, Ramos de Miguel A. Hearing Preservation with the Slim Modiolar Electrode Nucleus CI532 Cochlear Implant: A Preliminary Experience. *Audiol Neurootol*. 2017;22:317-25. 4. Iso-Mustajärvi M, Sipari S, Löppönen H, Dietz A. Preservation of residual hearing after cochlear implant surgery with slim modiolar electrode. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2019 Oct 31. doi: 10.1007/s00405-019-05708-x. 5. Ramos de Miguel A, Argudo AA, Borkoski Barreiro SA, Falcon Gonzalez JC, Ramos Macias A. Imaging evaluation of electrode placement and effect on electrode discrimination on different cochlear implant electrode arrays. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2018 Jun;275(6):1385-1394. 6. Holder JT, Yawn RJ, Nassiri AM, Dwyer RT, Rivas A, Labadie RF, Gifford RH. Matched Cohort Comparison Indicates Superiority of Precurved Electrode Arrays. *Otol Neurotol*. 2019 Oct;40(9):1160-1166. doi: 10.1097/MAO.0000000000002366. 7. Cuda D, Murri A. Cochlear implantation with the nucleus slim modiolar electrode (CI532): a preliminary experience. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017;274:4141-8. 8. Hey M, Wesarg T, Mewes A, Helbig S, Hornung J, Lenarz T, Briggs R, Marx M, Ramos A, Stöver T, Escudé B, James CJ, Aschendorff A. Objective, audiological and quality of life measures with the CI532 slim modiolar electrode. *Cochlear Implants Int*. 2019 Mar;20(2):80-90. doi: 10.1080/14670100.2018.1544684. Epub 2018 Nov 22.

Les implants Cochlear avec électrode Slim Modiolar sont fabriqués par Cochlear Ltd – Australie : CI632 et CI532. Ce sont des produits de santé DMIA, inscrit sur la LPP, sous les codes 3434302 et 3444163. Ils portent le marquage CE, organisme notifié CE 0123 – TÜV SÜD. Indications : Surdités neurosensorielles (surdités de perception) bilatérales sévères à profondes, après échec ou inefficacité d'un appareillage acoustique conventionnel. Ces indications, identiques à celles des autres implants cochléaires, sont précisées dans l'arrêté du 2 mars 2009 (journal officiel du 6 mars 2009), relatif à l'inscription des 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. Lire attentivement les instructions figurant dans le mode d'emploi ou sur l'étiquetage avant toute utilisation. Fiches techniques et notices d'informations disponibles sur demande.

Cochlear France SAS | 135 route de Saint Simon | CS 43574 | 31100 TOULOUSE - RCS 479 373 151 Toulouse

Ce document est destiné aux professionnels de santé. Si vous êtes un patient ou un candidat à une solution auditive, consultez votre professionnel de santé pour connaître les traitements possibles en matière de perte auditive. Les résultats peuvent varier et votre professionnel de santé pourra vous indiquer les facteurs susceptibles d'affecter ces résultats. Veuillez toujours consulter les instructions d'utilisation. Tous nos produits ne sont pas disponibles dans tous les pays. Veuillez contacter votre représentant Cochlear local pour plus d'informations sur les produits. Cochlear, Hear now. And always et le logo en forme d'ellipse sont des marques de commerce ou des marques déposées de Cochlear Limited. © Cochlear Limited 2023. D2108934 V1-012023-06

## CAS CLINIQUE

RÉHABILITATION AUDIOPROTHÉTIQUE  
D'UNE OTOSPONGIOSE UNILATÉRALE



### Auteur

Mathieu ROBIER

Audioprothésiste DE

# RÉHABILITATION AUDIOPROTHÉTIQUE D'UNE OTOSPONGIOSE UNILATÉRALE PRISE EN CHARGE À LONG TERME

L'otospongiose est une maladie de l'os dans l'oreille moyenne qui entraîne un blocage progressif de l'étrier dans la fenêtre ovale appelée aussi ankylose stapédienne. La prévalence de cette pathologie est comprise entre 0,1 et 2% de la population suivant les études. Bien que plus souvent bilatérale, sa forme unilatérale représenterait entre 25 et 50% des cas avec une prédominance féminine (2 femmes pour 1 homme).

## INTRODUCTION

Dans le rapport de l'académie de médecine de 2006 (Legent & al), les auteurs décrivent une réhabilitation chirurgicale comme une opération sûre avec un faible taux de complications et donnant un taux de satisfaction très élevé, estimé entre 90 et 95%.

En cas d'échec, une chirurgie de révision peut être proposée avec un résultat fonctionnel amélioré mais souvent inférieur à l'objectif initial (Bakhos & al).

Les critères d'indication de la stapédecomie sont un seuil auditif inférieur à 30dB en conduction aérienne sur les fréquences conversationnelles et un rinne d'au moins 20dB (recommandation professionnelle).

Malgré les avantages de cette chirurgie, le médecin ORL peut proposer d'autres alternatives thérapeutiques comme la surveillance, si la qualité de vie du patient n'est pas impactée ou la réhabilitation audioprothétique conventionnelle.

Il n'est donc pas rare de recevoir un(e) patient(e) avec une prescription d'essai. L'objectif est qu'il ou elle puisse ainsi se rendre compte des avantages et des inconvénients d'une telle réhabilitation afin de pouvoir faire un choix adapté.

Le but de cet article est de présenter la prise en charge à long terme d'une patiente souffrant d'une otospongiose et ayant choisi l'appareillage. Nous montrerons les modalités de la prise en charge ainsi que l'attention particulière qu'il faut prendre dans le cadre de cette pathologie ainsi que l'importance des échanges réguliers entre l'audioprothésiste et le médecin ORL.

## PRÉSENTATION DU CAS

Madame GS est âgée de 70 ans lors de sa première consultation ORL en 2008. Elle a souhaité l'avis d'un spécialiste car, depuis quatre ans, elle constate une baisse progressive de son audition, à gauche uniquement, ce qui lui procure une sensation de plénitude d'oreille. Au quotidien, elle éprouve également plus de difficultés dans les ambiances bruyantes ou lorsque des interlocuteurs parlent à voix basse.

Au quotidien, elle constate également plus de difficultés dans les ambiances bruyantes ou lorsque des interlocuteurs parlent à voix basse.

L'audiométrie du médecin met en évidence une surdité de perception légère à droite et une surdité mixte à gauche avec une perte tonale moyenne de 58dB en conduction aérienne et

de 43dB en conduction osseuse (fig.1). L'épreuve vocale est en concordance avec les résultats de la tonale avec un maximum d'intelligibilité de 100% avec les listes cochléaires et sans distorsion à droite comme à gauche.

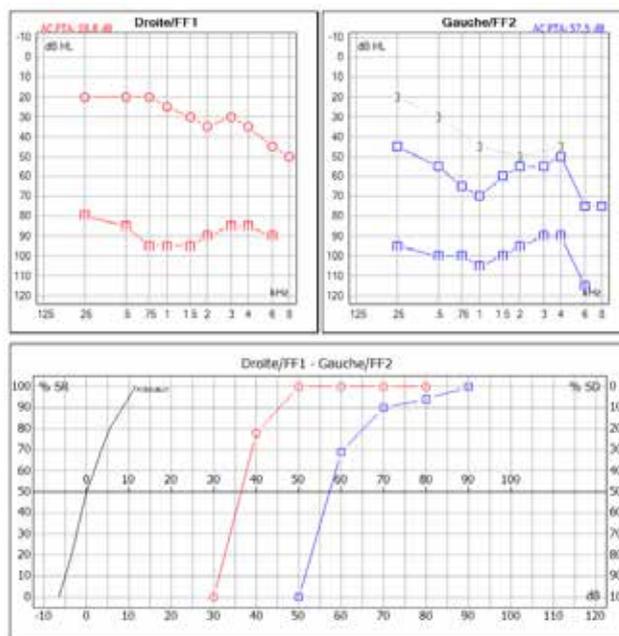


Fig. 1 : Bilan d'orientation prothétique réalisé au casque TH39 le 21 avril 2008

Les examens complémentaires ont permis de diagnostiquer une otospongiose mais le rinne audiométrique étant inférieur à 20dB (Legent & al) l'intervention chirurgicale ne lui a pas été proposée. Elle m'a donc été adressée pour une réhabilitation audioprothétique à gauche.

Les autres points de l'anamnèse ne mettent pas en évidence de problématiques particulières. Elle n'a pas d'antécédents personnels, ni familiaux de surdité et n'a pas subi d'exposition au bruit que ce soit au travail ou dans ses loisirs. Elle ne souffre pas d'acouphènes alors qu'ils sont souvent présents avec cette pathologie (Lima & al). Ancienne employée de bureau à la retraite, Madame GS est restée socialement très active, et c'est la raison pour laquelle elle souhaite réaliser cet essai.

À l'issue du premier rendez-vous, nous convenons de faire l'essai d'un mini contour milieu de gamme avec un écouteur déporté de 55dB intégré dans un embout sur mesure. L'objectif de ce couplage est d'une part, de garantir une bonne amplification des fréquences graves en évitant les fuites acoustiques et d'autre part, de permettre une réserve de gain suffisante pour compenser une éventuelle baisse au fil des années.

Cette approche permet aussi de garantir une bonne étanchéité pour limiter au maximum le risque de Larsen.

Pour ce type de pathologie, j'ai tendance à préférer un appareil donnant accès à de nombreux réglages (ouvert). Ce choix d'appareillage, pas forcément haut de gamme, me permettra en effet d'avoir une action sur l'amplification des sons très faible (expansion) pour équilibrer la perception au seuil avec l'oreille controlatérale, par exemple ou avec un algorithme anti-Larsen efficace pour éviter les compromis sur l'amplification.

Pour l'adaptation, j'utilisais à l'époque le pré-réglage de Renard et la mesure in vivo pour régler la prothèse à différents niveaux d'entrées. Cette méthodologie a l'avantage de prendre en compte la dynamique résiduelle du patient, mais également une préconisation de gain lors d'un appareillage monaural ainsi qu'une cible de niveau de sortie maximum pour ajuster précisément le MPO.

Cette information est primordiale car le réflexe stapédien est absent avec cette pathologie. Il faut donc être extrêmement prudent lors de l'adaptation pour éviter d'avoir un effet délétère sur l'audition.

Après 9 semaines de port régulier, les résultats sont plutôt satisfaisants et Madame GS souhaite conserver l'appareil. Elle constate, en effet, une diminution de sa sensation d'oreille bouchée ainsi qu'un meilleur équilibre auditif.

Le gain prothétique tonal est important (+ de 20dB) avec une perception uniforme sur l'ensemble des fréquences. Le bénéfice vocal est également bon avec une amélioration de 15dB au SRT avec les listes cochléaires de Lafon (fig. 2).

Les années suivantes, le suivi régulier a permis de constater une évolution très progressive de ses seuils en conduction aérienne

à gauche. Grâce à la réserve de gain prévue initialement, les modifications des réglages ont permis de maintenir un niveau d'écoute suffisant.

Mais en 2015, la patiente présente une perte sévère grade 1 (71 dB) à gauche avec un rinne de 35dB. Le dysfonctionnement de l'appareil nous a contraint à lui proposer un remplacement. Le choix s'est porté sur un appareil de forme similaire au précédent, mais de dernière génération, avec, de fait, un écouteur plus puissant et intégré dans un embout sur-mesure de type RIC cette fois-ci.

Au cours de la période d'essai, le gain prothétique mesuré à gauche est satisfaisant malgré une sous-correction sur les fréquences graves et aigues que je n'arrive pas à combler.

Avec l'arrivée des premiers tests de vocale dans le bruit (validés) et surtout de logiciels permettant de réaliser facilement ces tests en routine (Jensan & al en 2012), nous avons pu compléter l'évaluation du bénéfice prothétique. Pour cette patiente, le test permet d'objectiver une amélioration de son écoute dans le bruit de 2dB avec l'appareil donc en faveur d'une écoute binaurale (fig. 3).

Deux ans plus tard, la patiente est de retour ; elle constate depuis plusieurs mois une dégradation de son bénéfice, côté gauche.

Une sensation confirmée par le bilan audiométrique de l'ORL. Une imagerie (scanner) est donc demandée pour confirmer l'otospongiose. C'est à ce moment que la chirurgie est évoquée pour la première fois. La patiente préfère encore attendre et un nouveau réglage permet d'améliorer les choses. Mais cela reste provisoire.

Avec le temps et l'évolution de la perte, nous avons rencontré des problématiques de Larsen ainsi que des phénomènes de résonances lors de l'augmentation du gain.

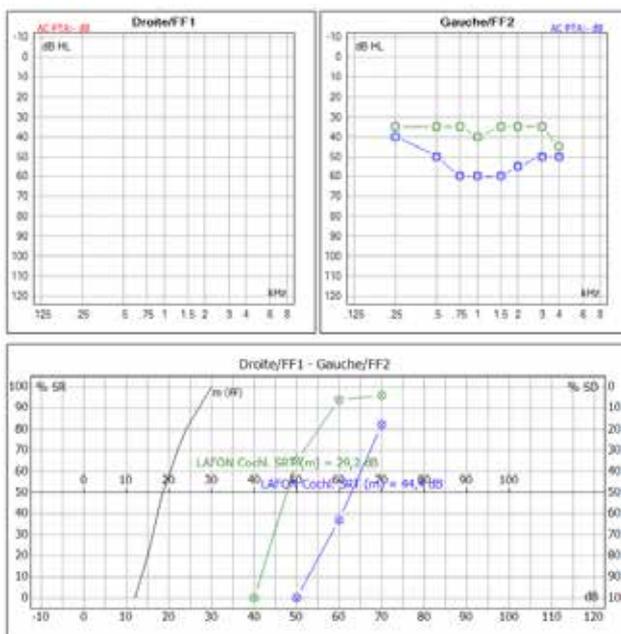


Fig. 2 : Épreuve de gain prothétique en champ libre avec masquage de l'oreille droite réalisé le 03 juin 2008

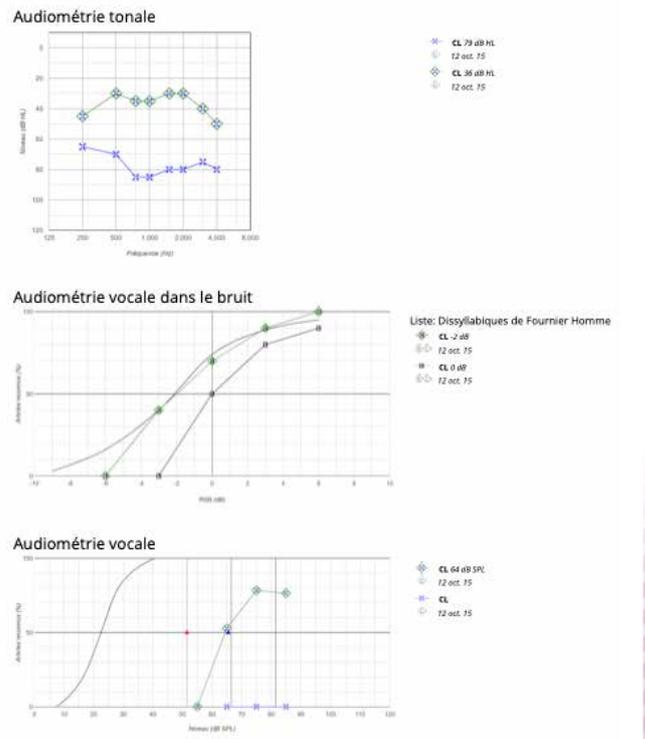


Fig. 3 : Épreuve de gain prothétique en champ libre avec masquage de l'oreille droite réalisée le 15 octobre 2015. Le test vocal dans le bruit a été réalisé avec les listes dissyllabiques de Fournier dans le HP en face du patient et l'OVG dans 4 autres HP

Ces difficultés sont d'ailleurs décrites dans de nombreuses études. Celle de Maarten et al (2010), par exemple met en évidence un meilleur bénéfice de compréhension de phonèmes avec une réhabilitation par conduction osseuse dans les cas de surdité sévère avec un rinne audiométrique de 35dB.

Si on prend en compte la satisfaction du patient (questionnaire APHAB), il semble que celle-ci soit meilleure lorsque le gap est supérieur à 45dB entre la CA et la CO.

Par comparaison, en 1998, l'étude de Mylanus et al montrait un bénéfice en CO dès que le rinne dépassait 25dB. D'après Maarten, la différence s'expliquerait par les améliorations technologiques des prothèses auditives conventionnelles qui permettent de mieux réhabiliter les surdités mixtes lorsque la conduction osseuse est abaissée.

Une étude plus récente de Molinier et al a comparé le bénéfice apporté par la prothèse conventionnelle à celui obtenu après stapédecotomie unilatérale. Les résultats mettent en évidence une amélioration significative des performances auditives avec la prothèse conventionnelle mais la chirurgie permet un bénéfice supérieur en termes de localisation spatiale ou d'écoute dans le bruit. D'après les auteurs, cette différence peut s'expliquer par le délai de traitement de la prothèse auditive qui peut avoir un effet négatif sur ces deux fonctions. Des résultats qui sont à pondérer car les essais ont été réalisés avec des dômes standards (simple ou doubles) permettant un meilleur confort physique du patient mais pouvant limiter le gain disponible. Ils concluent que la stapédecotomie induit une amélioration substantielle de la qualité de vie, la satisfaction du patient souhaitant se faire opérer ainsi que sur l'acouphène auto-évalué.

C'est dans un contexte de gêne importante en société et sur les recommandations de son ORL libéral que la patiente consulte un professeur otologiste en 2019. Celui-ci a confirmé le diagnostic et proposé une chirurgie en expliquant le bénéfice/risque de l'intervention. L'appareillage n'apportant plus satisfaction, la patiente a donc opté pour l'opération, tout en sachant qu'elle devrait malgré tout conserver un appareillage à gauche par la suite (fig. 4).

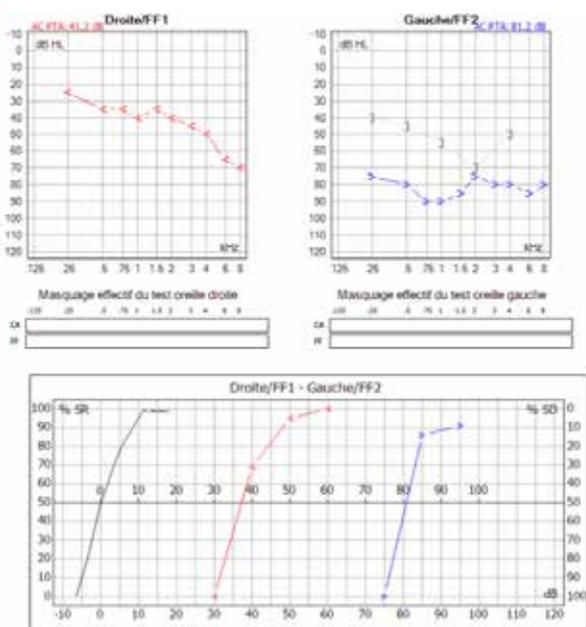


Fig. 4 : Bilan d'orientation prothétique réalisé aux inserts le 13 mars 2015

Deux mois après l'opération, le chirurgien a autorisé la mise en place de la prothèse à gauche et a conseillé, dans l'optique d'un rétablissement d'une écoute stéréophonique, de réhabiliter également l'oreille droite qui présente une perte moyenne de 39dB.

Le bilan d'orientation met en évidence une fermeture du rinne audiométrique à gauche qui permet de diminuer la différence interaurale à moins de 15dB (fig. 5).

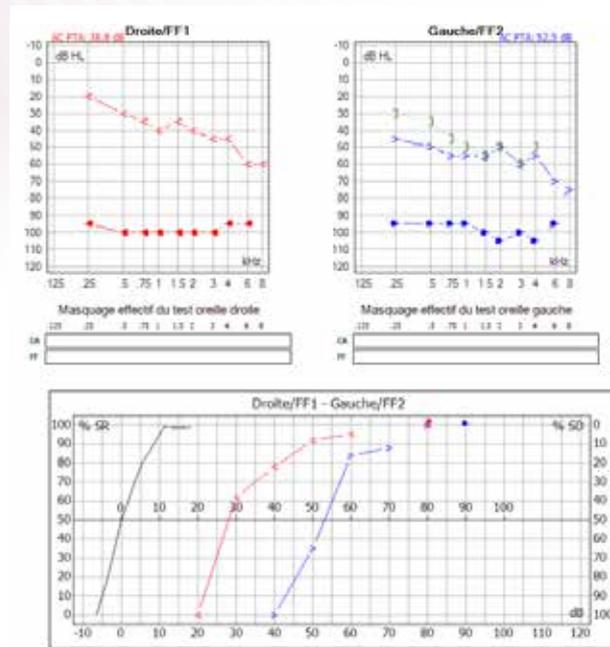


Fig. 5 : Bilan d'orientation prothétique post opératoire réalisé aux inserts le 12 février 2020

Convaincue par les arguments de médecin, la patiente accepte l'essai de deux contours RITE avec des embouts sur mesure. L'adaptation est faite à l'aide de la mesure in-vivo, en utilisant la méthodologie DSL 5.

Comme souvent dans le cas d'appareillage séquentiel, j'adapte mon premier réglage aux cibles préconisées, pour ensuite effectuer des modifications en fonction des remarques et du ressenti de l'utilisatrice. En l'occurrence, nous avons dû augmenter le gain à gauche car sa perception était trop faible, et diminuer le réglage à droite car perçu comme trop fort. Le but de cette démarche est de proposer un réglage initial confortable pour privilégier l'observance de l'appareillage et donc favoriser la rééducation audioprothétique. Au fil des rendez-vous, nous avons revu le réglage et rééquilibré progressivement sa perception.

Après une période d'essai de 2 mois, l'épreuve de gain prothétique met en évidence une perception équilibrée des seuils en tonal. De plus, les courbes vocales sont superposables, c'est-à-dire, en faveur du rétablissement d'une écoute stéréophonique indispensable pour bénéficier du démasquage binaural. Le résultat du test VRB est également bon avec un écart à la référence chez les normo-entendants (SIB50) de seulement 2,75dB et surtout avec une amélioration de près de 5dB par rapport à la condition sans appareil (fig : 6a, 6b). L'auto-questionnaire IOI-HA confirme la satisfaction de Madame GS exprimée lors des rendez-vous avec un score de 34 sur 35 et un port de 14 heures par jour en moyenne.

Trois ans après l'opération, l'audition est mesurée annuellement et reste stable.

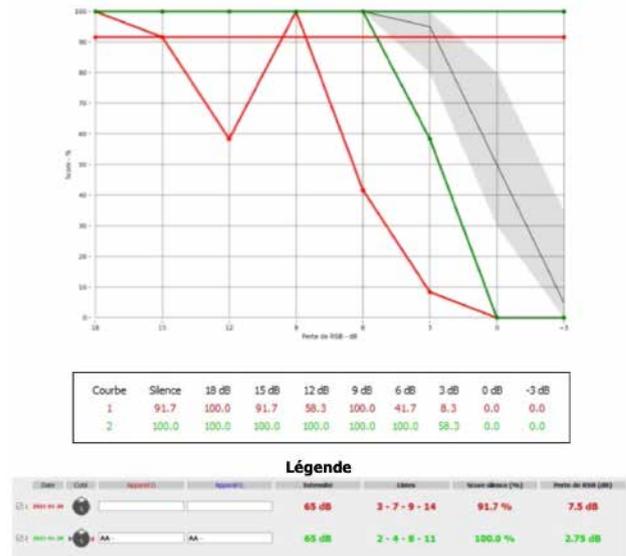
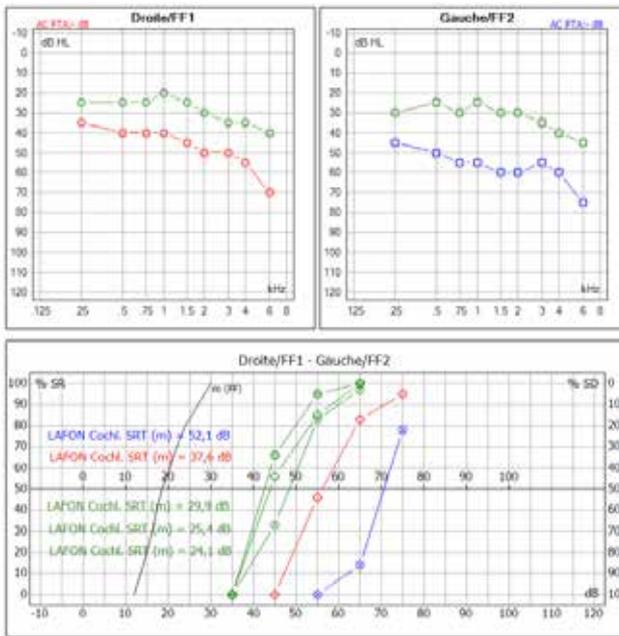


Fig. 6a & b : (a) Épreuve de gain prothétique en champ libre réalisé le 28 janvier 2021. (b) Test VRB avec la voix en face du patient et les bruit dans les 5HP (condition validée)

« La réhabilitation audioprothétique d'une otospongiose permet d'apporter UNE SOLUTION EFFICACE ET PÉRENNE AUX PATIENTS NE SOUHAITANT PAS UNE PRISE EN CHARGE CHIRURGICALE. »

**CONCLUSION**

La réhabilitation audioprothétique d'une otospongiose permet d'apporter une solution efficace et pérenne aux patients ne souhaitant pas une prise en charge chirurgicale.

Dans le cas de cette patiente, elle a pu bénéficier d'une amélioration significative de sa qualité de vie pendant plus de 10 ans avant de se faire opérer.

Pour l'audioprothésiste, il est donc primordial de suivre encore plus attentivement ses patients en évaluant régulièrement leur audition en conduction aérienne comme en conduction osseuse pour compenser la baisse progressive. Il est également important d'avoir une correspondance régulière avec le médecin spécialiste et ne pas hésiter à réadresser son patient.

**BIBLIOGRAPHIE**

- Bakhos, D., E. Lescanne, C. Charretier, et A. Robier. « A Review of 89 Revision Stapes Surgeries for Otosclerosis ». *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases* 127, no 5 (novembre 2010): 177-82. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2010.07.012>.
- Bonnafous, Sophie, Jennifer Margier, Sophie Bartier, Romain Tournegros, Stéphane Tringali, et Maxime Fieux. « Estimated Costs Associated With Management of Otosclerosis With Hearing Aids vs Surgery in Europe ». *JAMA Network Open* 5, no 2 (17 février 2022): e2148932. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.48932>.

- Jansen, Sofie, Heleen Luts, Kirsten Carola Wagener, Birger Kollmeier, Matthieu Del Rio, René Dauman, Chris James, et al. « Comparison of Three Types of French Speech-in-Noise Tests: A Multi-Center Study ». *International Journal of Audiology* 51, no 3 (mars 2012): 164-73. <https://doi.org/10.3109/14992027.2011.633568>.
- Legent, François, Marc Avenard, Jérôme Andrieu-Guitrancourt, Philippe Bordure, et Jean Paul Marie. « Place de la chirurgie dans le traitement de l'otospongiose », s. d. <https://www.academie-medecine.fr/place-de-la-chirurgie-dans-le-traitement-de-lotospongiose/>.
- Lima, Antonio Fontes, Filipa Carvalho Moreira, Isabel Esteves Costa, Catia Azevedo, Fernando Mar, et Luis Dias. « Tinnitus and Otosclerosis: An Exploratory Study about the Prevalence, Features and Impact in Daily Life ». *International Archives of Otorhinolaryngology* 26, no 03 (juillet 2022): e390-95. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1739967>.
- Molinier, Charles-Edouard, Yohan Gallois, Olivier Deguine, Gaetan Iversenc, Olivier Vales, Soumia Taoui, Benoit Lepage, Bernard Fraysse, et Mathieu Marx. « Stapedotomy Versus Hearing Aids in the Management of Conductive Hearing Loss Caused by Otosclerosis: A Prospective Comparative Study ». *Otology & Neurotology* 43, no 7 (août 2022): 773-80. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003585>.
- Mylanus, Emmanuel A. M., Kitty C. T. M. Van Der Pouw, Ad F. M. Snik, et Cor W. R. J. Cremers. « Intraindividual Comparison of the Bone-Anchored Hearing Aid and Air-Conduction Hearing Aids ». *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery* 124, no 3 (1 mars 1998): 271. <https://doi.org/10.1001/archotol.124.3.271>.
- Redfors, Ylva Dahlin, Johan Hellgren, et Claes Möller. « Hearing-Aid Use and Benefit: A Long-Term Follow-up in Patients Undergoing Surgery for Otosclerosis ». *International Journal of Audiology* 52, no 3 (mars 2013): 194-99. <https://doi.org/10.3109/14992027.2012.754957>.
- Vincent, Robert, Neil M. Sperling, John Oates, et Mudit Jindal. « Surgical Findings and Long-Term Hearing Results in 3,050 Stapedotomies for Primary Otosclerosis: A Prospective Study with the Otology-Neurotology Database ». *Otology & Neurotology* 27, no 8 (décembre 2006): S25-47. <https://doi.org/10.1097/O1.mao.0000235311.80066.df>.
- Wolf, Maarten J. F. de, Sander Hendrix, Cor W. R. J. Cremers, et Ad F. M. Snik. « Better Performance with Bone-Anchored Hearing Aid than Acoustic Devices in Patients with Severe Air-Bone Gap ». *The Laryngoscope* 121, no 3 (mars 2011): 613-16. <https://doi.org/10.1002/lary.21167>.

Soulagez vos **patients acouphéniques**,  
grâce à nos trois approches thérapeutiques



**3**  
thérapies  
éprouvées



signia

**Signia propose des solutions auditives innovantes pour traiter les acouphènes**



Styletto 7AX

Inzio 7AX

Pure C&G 7AX

Avec sa bande passante élargie jusqu'à 12 kHz\*\*, Signia vous permet de traiter les acouphènes les plus **aigus et complexes**.

Correction auditive adaptée à l'acouphène (ACA), amplification encochée à la fréquence de l'acouphène (TIL), bruit de thérapie ajustable, soit constant, soit de vague (TRT), ...

Retrouvez nos **conseils d'adaptation** pour dans ce numéro du **Zoom Signia sur les acouphènes**.

**Be  
Brilliant™**

**Zoom Signia**

**Flashez ici :**



signia-pro.com

\* Révélez-vous. \*\* série 7.  
Ces produits sont destinés aux personnes souffrant de troubles de l'audition. Caractéristiques techniques disponibles sur le site internet. Pour un bon usage, veuillez consulter les manuels d'utilisation. Les aides auditives et l'application Signia App sont des dispositifs médicaux de classe IIa. Les marques et symboles Bluetooth® sont la propriété exclusive de Bluetooth SIG Inc. utilisés par WSAUD A/S sous permission. Les autres marques et symboles appartiennent à leurs propriétaires respectifs. Android, Android robot et Google Play sont des marques déposées de Google Inc. Apple App Store est une marque déposée de Apple Inc. iPhone est une marque déposée de Apple Inc., enregistrée aux États-Unis et dans les autres pays. Les aides auditives sont des dispositifs médicaux remboursés par les organismes d'assurance maladie. Classe 1 : Codes individuels (Base de remboursement) - de 20 ans : 7336246, droite / 7336223, gauche (1400 €) et + de plus 20 ans : 7336200, droite / 7336230, gauche (400 €). Classe 2 : Codes individuels (Base de remboursement) - de 20 ans : 7336163, droite / 7336140, gauche (1400 €) et + de plus 20 ans : 7379971, droite / 7336186, gauche (400 €). 062023 ©WSAUD A/S.

# ADAPTATION AUDIOPROTHÉTIQUE: DES DONNÉES DE PLUS EN PLUS NOMBREUSES À INTÉGRER DANS LE RÉGLAGE DES APPAREILS AUDITIFS. PEUT-ON APPRENDRE DU RÉGLAGE DES IMPLANTS COCHLÉAIRES ?



**Auteur**

Arnaud COEZ

PharmD, PhD,  
Responsable recherche  
Sonova Audiological Care,  
Audition-Santé

L, 40 ans, fille unique, nous est adressée par sa mère, M, 60 ans, suivie au laboratoire depuis 20 ans. M nous a été initialement adressée par un service hospitalier pour l'accompagnement d'une surdité pour laquelle un neurinome a été identifié à droite. L'audiométrie de M était en tout point identique à celle de sa fille L au même âge (Figure 1.). Depuis 15 ans, l'audition a évolué bilatéralement de 10 dB mais la dimension du neurinome droit demeure petite. M retire un bénéfice certain de son appareillage de type RIC, RESOUND, RE961, avec des dômes ouverts.

Depuis qu'elle a été appareillée, M parle à un niveau de voix plus faible qu'auparavant et elle constate que sa fille présente des difficultés d'audition. L en convient, mais L n'était pas disposée, à 25 ans, à porter des aides auditives et refusait tout avis médical. Elle s'adaptait, elle s'en accommodait et ne prenait pas le temps de consulter qui que ce soit, accaparée par l'éducation de ses enfants et par son travail. L'épisode COVID et le port des masques modifie la donne. Elle prend alors conscience que la lecture labiale est un élément qui lui est essentielle. Parallèlement, elle poursuit son travail

en télé-travaillant avec des équipes internationales. Le casque qu'elle utilise, la vue du visage de son interlocuteur, le sous-titrage permis par certaines plateformes de visio, apportent un confort à son poste de travail. M a l'occasion de lui montrer que ses aides auditives reliées par blue-tooth à son iphone remplacent de façon très efficace le casque ou les écouteurs peu confortables physiquement et par la suramplification de certaines fréquences pour être certaine de ne rien 'rater'. L'épisode COVID ne lui permet pas de consulter un ORL.

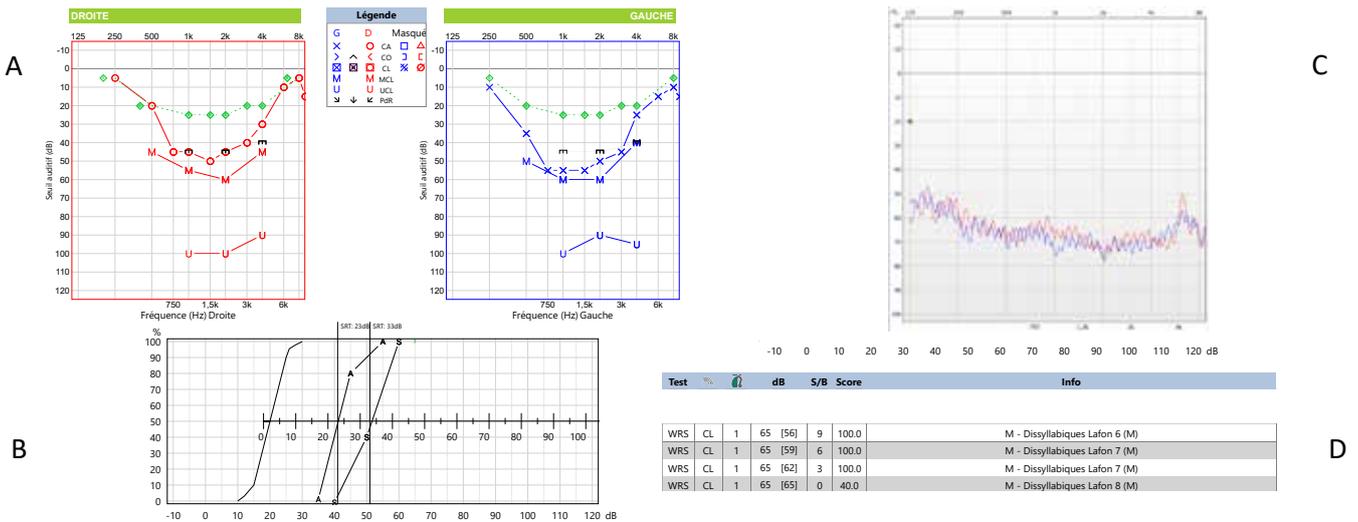


Figure 1: Compte rendu audioprothétique d'une perte d'audition de L avec et sans appareils auditifs. Ces tests permettent de juger de l'audibilité des sons selon la fréquence. (A) et de l'amélioration apportée en terme d'intelligibilité de la parole dans le calme (B) et dans le bruit (D). Ces tests permettent d'avoir une évaluation du service médical rendu assez globale si le critère d'efficacité retenu est la capacité à répéter des mots. Peu d'informations sont disponibles sur le traitement temporel de l'information sonore par le patient. Par ailleurs, ces tests judicieusement utilisés par l'audioprothésiste lui permettent d'obtenir des informations sur la qualité fonctionnelle résiduelle du système auditif afin de choisir les paramètres de réglages les plus adaptés. L'évaluation des seuils de confort et d'inconforts par le matériel mis à disposition des audioprothésistes leur permettent d'avoir une estimation plus fine du fonctionnement du système auditif. Ici, l'audiométrie automatique de Békésy (C) a permis de mesurer plus finement les seuils de confort. D'autres tests fonctionnels plus subtiles, non invasifs et ne demandant pas la participation du patient pourraient apporter des informations complémentaires utiles à l'appareillage

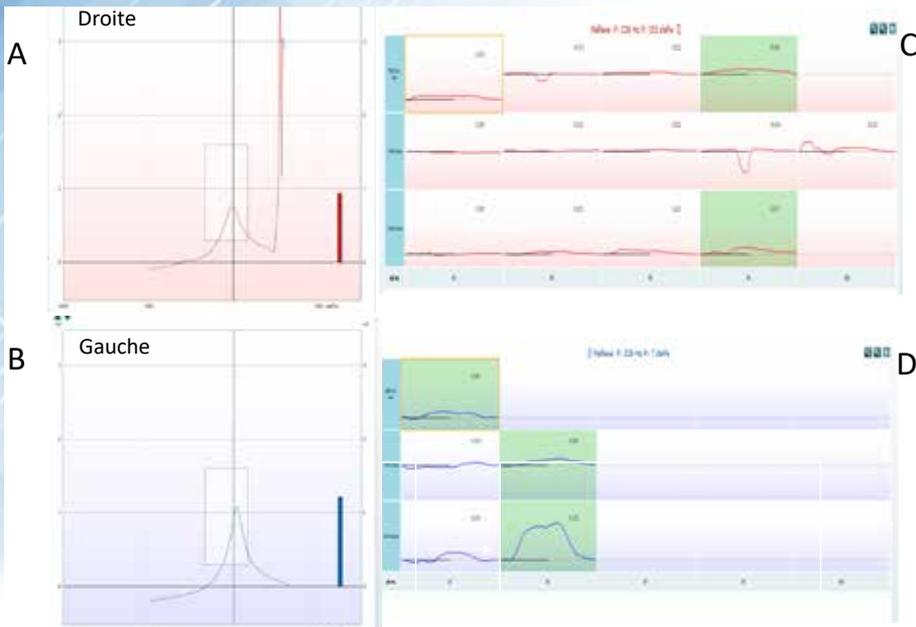


Figure 2: Les tympanométries droite (A) et gauche (B) sont comparables. On notera que le déclenchement du réflexe stapédien par un son fort est différent entre l'oreille droite (C) et l'oreille gauche (D). Il faut un son de 95 dB pour le déclencher à droite alors qu'il est présent dès un niveau d'entrée de 80 dB à gauche comparable à ce qui est habituellement mesuré sur une oreille saine. Il est donc possible d'utiliser cette mesure quand elle est disponible pour évaluer le gain à apporter pour un niveau d'entrée de 80 dB si l'objectif est d'équilibrer les effets d'un son sur les 2 oreilles à ce niveau. L'étude de la croissance de l'amplitude du réflexe en fonction de l'intensité de stimulation serait de nature à aider l'audioprothésiste dans le choix des points d'enclenchement et des facteurs de compression à appliquer

des appareils auditifs proposent un même facteur de compression à droite et à gauche, qu'il est donc souhaitable de modifier. La mesure des réflexes stapédiens ipsi-latéraux apporte une information complémentaire (Figure 3).

Alors que ce réflexe peut être enregistré dès un niveau de 80 dB chez un sujet jeune ayant des oto-émissions sur toutes les fréquences testées (500 Hz, 1 kHz, 2 kHz), il est enregistré dès un niveau de 85 dB à gauche alors qu'il faut une énergie de 95 dB à droite pour pouvoir l'enregistrer. Ainsi, si on s'assigne comme objectif d'appareillage, qu'un son de 80 dB provoque le réflexe stapédien attendu, il faudrait fournir un gain de 5 dB à gauche et de 15 dB à droite pour un niveau d'entrée de 80 dB. Cette gymnastique intellectuelle semble corroborer la mesure des seuils d'inconfort qui sont à 2 kHz obtenus pour une intensité de 10 dB plus forte à droite qu'à gauche. Compte tenu de la difficulté de mesure du seuil d'inconfort, la mesure du seuil du réflexe stapédien semble être une bonne alternative quand elle est possible. A cet égard, X. Renard dans la description de la méthode du pré-réglage demandait à ce qu'une mesure des réflexes stapédiens soit réalisée préalablement à l'appareillage (Renard, 1999) comme le suggérait déjà certaines études (Tato, 1976).

A 40 ans, ses 2 enfants plus âgés, son télé-travail lui laissent plus de disponibilités. L décide de consulter le même ORL qui suit M en ville. Il n'y a pas de neurinome.

L arrive donc au laboratoire munie d'une ordonnance et d'une audiométrie tonale et vocale dans le silence.

L'audiométrie tonale liminaire de L est en tout point comparable à celle de M au même âge.

Devant une suspicion d'un facteur génétique responsable de cette surdité, un avis génétique est souhaité et demandé. On peut raisonnablement s'attendre à un profil de surdité génétique évolutive d'expression tardive.

Entre temps, des examens fonctionnels complémentaires ont pu être réalisés chez M et L qui montrent des profils de fonctionnement de leur oreille interne comparables : des oto-émissions provoquées et de produits de distorsions sont présents dans les aigus mais non retrouvés pour des sons tests dans les medium (figure 2), renforçant l'hypothèse de l'expression d'un même gène responsable du même phénotype.

Dans le cas de L, l'amplitude de la réponse des oto-émissions provoquées est quasiment deux fois plus importante à gauche qu'à droite à 5 kHz. On peut émettre l'hypothèse d'un mécanisme actif de compression naturelle des sons moins altérée à gauche qu'à droite. L'audioprothésiste peut tenir compte de cette information dans le choix des facteurs de compression qui pourraient être plus importants à droite qu'à gauche alors que les seuils d'audition sont comparables à droite et à gauche à cette fréquence. Les méthodologies actuelles de calcul du gain

De façon intéressante, cette mesure des réflexes stapédiens pourrait aussi devenir une méthode des réglages des processeurs d'implant cochléaire (Franke-Triege, 2021).

Le même raisonnement peut être tenu à 500 Hz, le gain doit alors être nul à gauche et de 15 dB à droite pour un niveau d'entrée de 80 dB.

A 1 kHz, la perte d'audition semble plus importante à gauche qu'à droite si l'on considère uniquement le seuil liminaire à

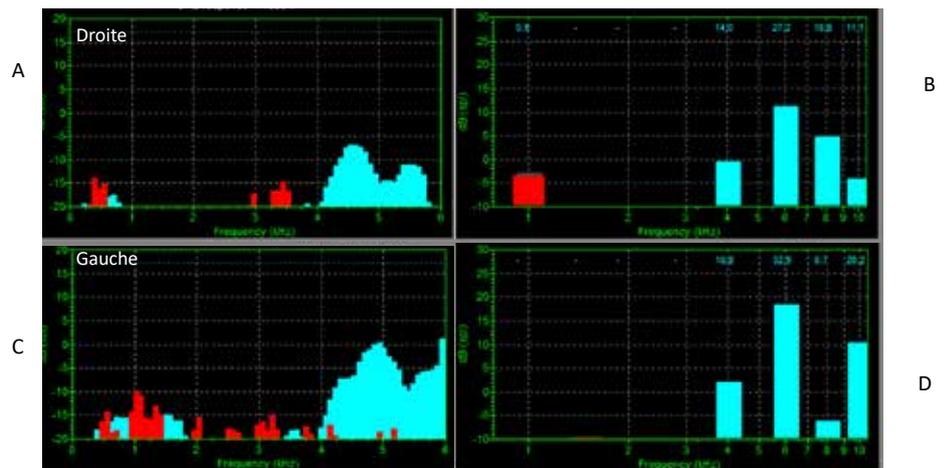


Figure 3: Des oto-émissions ont pu être provoquées par clics à droite (A) et à gauche (C), reflets de mécanismes cochléaires actifs pour l'écoute de sons faibles (moins de 40 dB) sur la bande fréquentielle 4 – 6 kHz. Des produits de distorsions ont pu être mesurés en utilisant des intensités pour f1 et f2 de 70 dB, et une combinaison linéaire telle que  $f_2 = 1,2 * f_1$  pour la même bande fréquentielle. L'amplitude de la réponse semble deux fois plus importante à gauche qu'à droite, ce qui laisse présager des gains et des compressions différentes à droite et à gauche pour les sons faibles. L'absence de mécanismes actifs mesurables sur le reste de la bande passant nous incitera à utiliser un gain des sons faibles pour compenser l'absence d'amplification naturelle des sons faibles. La mesure de l'amplitude des produits de distorsion pour différents niveaux d'intensité sonore est de nature à aider davantage l'audioprothésiste pour régler le gain et les compressions des niveaux faibles.

l'audiométrie tonale. Or, le réflexe stapédien est trouvé dès un niveau de 85 dB à gauche alors qu'il est absent à droite pour un niveau de 100 dB. Le gain requis à 1 kHz semble moins important à gauche qu'à droite pour induire une réponse alors que la perte tonale liminaire est plus importante à gauche qu'à droite.

Ceci semble corroboré par la mesure du seuil de confort qui a été réalisée de façon assez précise en utilisant l'audiométrie automatique de Békesy. L décrit des seuils de confort comparables entre l'oreille droite et l'oreille gauche (sauf à 1 kHz) alors que le seuil liminaire tonal est plus élevé à droite qu'à gauche. Ainsi un son de voix moyenne doit être augmenté de la même quantité à droite et à gauche mais le gain apporté pour les sons forts doit diminuer plus fortement à gauche qu'à droite pour la bande passante 500 Hz – 2 kHz à l'aide d'un facteur de compression plus important. Une compression de sortie plus drastique à gauche qu'à droite pourrait être souhaitable.

Pour la bande passante au-delà de 4 kHz, plus de gain sera apporté aux sons faibles à droite pour compenser le dysfonctionnement plus important probable des cellules ciliées externes par rapport à celles de l'oreille gauche. Le gain deviendra égal à droite et à gauche à un niveau de voix moyen pour tenir compte des seuils de confort comparables à droite et à gauche mesurés en Békesy.

Ainsi, la chance de pouvoir obtenir des informations complémentaires à l'audiométrie tonale et vocale dans le calme et dans le bruit, peut aider l'audioprothésiste dans le choix des réglages avec ses patients. Autant en médecine, le recueil de valeurs seuils sont utiles pour poser un diagnostic, autant l'exploration fonctionnelle objective des effets de la croissance de sonie sont utiles à l'audioprothésiste pour accompagner la

personne malentendante au travers des réglages effectués de ses prothèses auditives. La mesure de l'amplitude du réflexe stapédien en fonction de l'intensité sonore ou de la réponse des cellules ciliées externes à différents niveaux sonores permettrait d'apporter un nouvel éclairage et un affinement des réglages proposés. La connaissance du gêne impliqué s'il est mis en évidence, permettra de connaître le mécanisme physiopathologique en jeu. La collecte d'autres informations de type électrophysiologiques complèteraient bien évidemment ce tableau clinique qui demeure malgré tout incomplet pour une prise en charge optimale d'un patient.

Les fabricants d'implant cochléaire l'ont bien compris. Les mesures électro - physiologiques sont réalisées systématiquement par l'audioprothésiste pour s'assurer de la réponse de la fibre auditive pour chaque électrode. La mesure permet pour différents niveaux de courant d'estimer l'amplitude de la réponse et sa latence d'apparition. Cette technique permet d'envisager un pré-réglage du processeur, voir une adaptation automatique initiale. Ces mêmes mesures pourraient être pertinentes dans le cadre d'un appareillage auditif conventionnel.

## BIBLIOGRAPHIE

- Annett Franke-Trieger , Willy Mattheus , Josef Seebacher , Thomas Zahnert, Marcus Neudert Stapedius reflex evoked in free sound field in cochlear implant users compared to normal-hearing listeners, *Int J Audiol.* 2021 Sep;60(9):695-703.
- Renard X, Présentation détaillée du pré-réglage, *Précis d'audioprothèse, L'appareillage de l'adulte, Le choix prothétique, tome2, 1999, p327 Les éditions du Collège National d'Audioprothèse*
- Tato JM, Rainville MJ. The use of the stapedius reflex in the fitting of hearing aids. *Audiology.* 1976 Sep-Oct;15(5):428-32. PMID: 938349 French.

## La solution en réponse à vos besoins

### Une offre adaptée à vos pratiques quotidiennes

Diatec, la Division Diagnostic de Prodition, a pour vocation de répondre aux besoins quotidiens des professionnels de l'audition. Des gammes complètes de solutions sont proposées, conçues en collaboration avec des professionnels du monde entier, engagés et passionnés.

Notre engagement : fournir les solutions et services qui facilitent le quotidien de tous.



**Audiologie**  
Tympanométrie  
Acouphénométrie



**PEA - OEA**  
ASSR  
VEMP



**Explorations vestibulaires**



**Consommables**  
compatible toutes marques

Veillez nous contacter pour connaître la liste des équipements référencés UniHA 





# CAS CLINIQUE : PATIENT ACOUPHÉNIQUE ET TRT

Jonathan FLAMENT

Audioprothésiste D.E - Membre de la Société Française d'Audiologie - LEA-Audika 75005 Paris

## ANAMNÈSE

Mme A. Margo, âgée de 35 ans, s'est adressée au laboratoire pour prise en charge d'un acouphène bilatéral, prédominant du côté droit. Elle signale des une apparition à l'âge de 19 ans en sortant d'une boîte de nuit. Ses acouphènes sont restés faibles pendant 15 ans et non invalidants. Suite à un choc émotionnel début juin 2022, ils ont augmenté et sont devenus invalidants. Elle les décrit comme un sifflement aiguë et permanent.

La patiente signale quelques épisodes d'hyperacousie dans le passé et est encore parfois gêné par des sons forts (métro, rue, sirène, ...). Elle s'est fait faire, par ailleurs, des protections auditives sur mesure afin de diminuer sa crainte d'un nouveau traumatisme sonore.

Sur le plan général, la patiente est en bonne santé, et n'a aucun traitement en cours. Elle ne présente pas d'antécédent ORL, pas d'otite, pas de vertige, pas d'allergie, pas de syndrome temporo-mandibulaire, cervical ou dentaire. Elle effectue un travail de bureau et n'a jamais exercé une activité professionnelle en milieu bruyant. Enfin, il n'existe pas d'antécédents familiaux.

Sur le plan psychologique, elle témoigne d'une nervosité et d'un stress important et permanent, une fatigue générale et une forte appréhension à une exposition aux sons forts.

Le questionnaire THI (Tinnitus Handicap Inventory) totalise un score de 72, correspondant à un impact sévère sur l'échelle d'évaluation. Les réponses apportées mettent en évidence une difficulté à trouver le sommeil, un manque de concentration, une frustration et un sentiment d'impuissance face à ses acouphènes. L'EVA gêne est de 8,3 sur 10.

Le test d'hyper-sensibilité (Neltung) dans sa version simplifiée (15 questions) rend compte d'une gêne sévère avec un score de 28 en accord avec son état psychologique.

## AUDIOMÉTRIE ET ACOUPHÉNOMÉTRIE

L'otoscopie est normale. L'audiométrie tonale liminaire est normale, sensiblement symétrique. On remarque une légère baisse sur la zone du 6000 Hz. (cf. figure 1) Nous avons réalisé une mesure des seuils subjectifs de confort et d'inconfort pour mettre en évidence un possible recrutement. On remarque des seuils abaissés qui expliquent l'hyperacousie décrite.

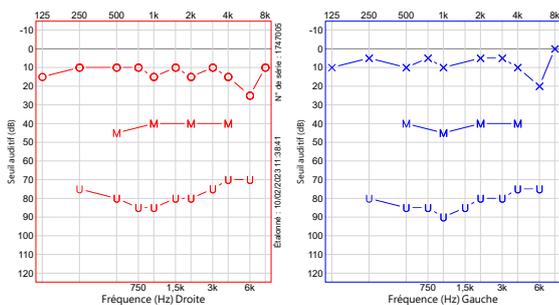


Figure 1 : Audiométrie tonale

L'audiométrie automatique de Békézy a révélé des seuils identiques à l'audiométrie tonale et n'a pas mis en évidence la présence de scotome. (cf. figure 2)

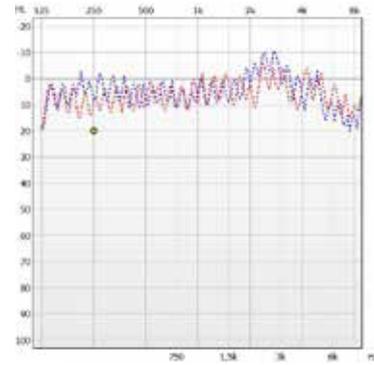


Figure 2 : Audiométrie de Békézy

Nous avons déterminé les caractéristiques clés des acouphènes de Mme A. : hauteur, intensité, masquabilité, qualité du masque, mixing point. (cf. figure 3). Nous avons pratiqué une audiométrie par 1/48<sup>ème</sup> d'octave pour permettre par la suite la recherche de la zone fréquentielle de son acouphène. La mesure d'inhibition résiduel (MML + 10dB) montre un masquage postérograde complet pendant 40 secondes puis l'acouphène revient à la normal en progression. Cette valeur est un bon indicateur d'un pronostic prothétique efficace.

### Évaluation d'acouphène

|                                 | Droite    | Binaural     | Gauche    |
|---------------------------------|-----------|--------------|-----------|
| Correspondance de hauteur       | T 6150 Hz |              | T 6900 Hz |
| Correspondance d'intensité      | T 5 SL    |              | T 4 SL    |
| Seuil d'audition                | ● 19 HL   |              | ● 16 HL   |
| Seuil de bruit de masking       |           | 20 HL        |           |
| Niveau de masking minimum (NMM) |           | 2 SL (22 HL) |           |
| Masquabilité                    |           | Partial      |           |
| Inhibition résiduelle           |           |              |           |
| Caractéristique d'inhibition    |           | Reduced      |           |
| Remarque                        |           |              |           |

Figure 3

## ADAPTATION PROTHÉTIQUE

L'absence de perte auditive et de scotome ainsi que l'état de stress de Mme A nous a dirigé vers la mise en place d'une TRT (Tinnitus Retraining Therapy). La TRT regroupe un processus d'enrichissement sonore (bruit blanc) et un counselling (accompagnement).

### L'avantage de la TRT est qu'elle combine :

- L'enrichissement sonore (inhibition périphérique)
- Le masquage (périphérique)
- La sortie du champ de conscience (cognitif)
- La relaxation (conséquence somatique)

Nous avons donc adapté deux appareils auditifs de Classe 1 (100% santé) de type mini contour d'oreille « en open » ayant la fonction générateur de bruit, possédant de 12 canaux avec un traitement de signal indépendant sur chaque canal. Le choix de l'appareil auditif combi par rapport à un générateur de bruit seul a été fait car le patient souhaitait un appareil très discret. L'appareil permet aussi de combiner la fonction de potentiomètre et de changement de programme.



Figure 4

Le bruit utilisé est un bruit blanc de façon continue, le niveau a été déterminé pour chaque bande de fréquence par recherche du point de mélange. Nous avons mis en place 3 programmes à différents niveaux de masquage, tout en respectant la règle de ne jamais masquer totalement l'acouphène (Cf. Jastreboff). Les différents programmes permettent au patient de s'adapter en fonction du niveau de gêne de son acouphène.

L'intérêt de la TRT est de faire diminuer le fort contraste que génère l'acouphène dans le silence grâce à un bruit blanc, en présentant aux filtres sous-corticaux un bruit non significatif et constant pour faire sortir l'acouphène du champ de conscience. Le counselling s'inscrit dans une démarche éducative d'explication et permet de dédramatiser les symptômes de l'acouphène. Il a pour but de limiter les réactions émotionnelles rattachées à l'acouphène et à l'hyperacousie.

En effet, la TRT a aussi un effet sur l'hyperacousie car elle permet de diminuer le gain central et réduit la sensibilité anormale engendrée par les bruits forts.

Nous avons en accord avec l'équipe pluridisciplinaire, recommandé à Mme A. une prise en charge par un sophrologue pour lui permettre de diminuer son stress, et de gérer son anxiété. La patiente a été revue régulièrement pour permettre un suivi adapté et des réglages évolutifs.

#### Protocole de rendez-vous pour patients acouphéniques :

**1<sup>ère</sup> session :** Anamnèse et questionnaire THI ; tests et entretien approfondi avec une séance de counselling (choix d'appareil et explication de la démarche).

**2<sup>ème</sup> session :** mise en place et réglages de l'appareil, explication du fonctionnement, démarrage de l'adaptation.

Une session à 2 semaines, 1 mois et 2 mois : tests, entretiens sur son ressenti, counselling ; en parallèle des rendez-vous avec une sophrologue.

1 session de bilan à 3 mois avec tests et nouveau questionnaire THI, rendez-vous de suivi tous les 6 mois.

#### RÉSULTAT

Dès le premier mois, un port régulier des appareils tout au long de la journée a permis de diminuer l'intensité subjective de ses acouphènes. Aujourd'hui, ses acouphènes sont toujours présents mais ils sont beaucoup mieux tolérés par la patiente, lui permettant d'assurer ses activités quotidiennes sans être gêné. Les séances de sophrologie lui permettent une meilleure gestion de son stress et de son anxiété, facteurs responsables de l'augmentation de ses acouphènes.

Un nouveau questionnaire THI, réalisé à 3 mois, témoigne d'une diminution de l'impact des acouphènes, avec un score de

35, correspondant à un niveau d'impact moyen et un EVA gêne à 4. Le score au test d'hypersensibilité (Neltong) montre quant à lui une amélioration passant à un score de 12 (moyen).

#### CONCLUSION

La solution proposée et le choix prothétique doivent tenir compte de plusieurs facteurs : l'acouphène est-il isolé ou associé à une surdité et/ou une hyperacousie ? L'acouphène est-il invalidant et quel est son retentissement ? Constitue-t-il le problème principal et la raison pour laquelle le patient effectue une démarche d'appareillage ?

La prise en charge d'un patient acouphénique doit être globale car l'acte prothétique ne doit pas se limiter à une seule approche technique. L'accompagnement du patient nécessite la collaboration et les échanges entre membres de l'équipe pluridisciplinaire.

Le patient acouphénique n'est plus un cas rare pour l'audioprothésiste. Sa prise en charge fait partie intégrante de notre profession et nécessite une anamnèse et des tests spécifiques. Les acouphènes sont des troubles complexes, l'action de l'audioprothésiste s'inscrit au sein d'une équipe pluridisciplinaire (ORL, psychologue, sophrologue, audioprothésiste), et c'est la mise en commun de leurs compétences qui optimisera les chances de réussite.

#### BIBLIOGRAPHIE

- **Bruitparis.** (2020). LES EFFETS DU CONFINEMENT SUR LE BRUIT EN ILE-DE-FRANCE. Consulté sur : <https://www.bruitparis.fr/les-effets-du-confinement-sur-le-bruit-en-ile-de-france/1/>
- **Cima RF, Crombez G, Vlaeyen JW.** La catastrophe et la peur des acouphènes prédisent la qualité de vie des patients souffrant d'acouphènes chroniques. *Ear Hear* (2011) 32 : 634-41. doi: 10.1097 / AUD.0b013e31821106dd
- **Bottero M, Heyde C et Philippe L** (2009). Acouphène et attention auditive. *Les Cahiers de l'Audition.* 22 (6): 27-46
- **Deltenre** (2019). Psychoacoustique. Cours de Psychoacoustique.
- **Didier Febvrel.** (2017). SANTE MENTALE ET ISOLEMENT SOCIAL : quelles interactions et réponses territorialisées ? p.14 Consulté sur : [https://www.fabrique-territoires-sante.org/sites/default/files/dossier\\_isolement\\_social.pdf](https://www.fabrique-territoires-sante.org/sites/default/files/dossier_isolement_social.pdf)
- **Fuller T, Cima R, Langguth B, Mazurek B, Vlaeyen JW, Hoare DJ** (2020). Thérapie cognitive-comportementale des acouphènes. La base de données Cochrane des revues systématiques, vol. 1. doi: 10.1002 / 14651858.CD012614.pub2
- **Hickox AE , Liberman MC.** (2014). Is noise-induced cochlear neuropathy key to the generation of hyperacusis or tinnitus? *J Neurophysiol*,111 (3): 552-64. doi: 10.1152 / jn.00184.2013
- **Jastreboff P.J, Jastreboff M.M** (2000). Tinnitus Retraining Therapy (TRT) as a Method for Treatment of Tinnitus and Hyperacusis Patients.11 : 162-177
- **Jastreboff, P.J.** (2015). 25 ans de thérapie de recyclage des acouphènes, *HNO*, 63, (4). 307-11. doi: 10.1007 / s00106-014-2979-1.
- **Jérôme Sueur** (2020). Dans le silence du virus : quels effets sur les êtres vivants ? Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), consulté sur : <https://theconversation-com.cdn.ampproject.org/c/s/theconversation.com/amp/dans-le-silence-du-virus-quels-effets-sur-les-etres-vivants-134073>
- **Jorge S, Winfried S, Martin S, Patrick N** (2019). Big Five Personality Traits are Associated with Tinnitus Improvement Over Time,7, doi : 10.1038/s41598-019-53845-4
- **Journée Nationale de l'Audition** (2018). Acouphènes et hyperacousie : fléaux du XXI<sup>e</sup> siècle ? 21<sup>e</sup> édition de Journée Nationale de l'Audition, 1-8. Consulté sur : <https://www.journee-audition.org/pdf/cp-enquete-jna-ifop-2018.pdf>
- **Khalifa S, Dubal S, Veuillet E, Perez-Diaz F, Jouvett R, Collet L** (2002). Normalisation psychométrique d'un questionnaire d'Hyperacousie. *Orl J Otorhinolaryngol relat Spec*, 64, 436-442
- **Kao LT, Shih JH, Yeh CB, Wang CH, Chen HC, Chien WC, Li IH** (2020). Association between major depressive disorder and subsequent tinnitus: A population-based study. 263:367-372. doi: 10.1016/j.jad.2019.11.141
- **Kimball SH, Hamilton T, Benear E, Baldwin J** (2019). Determining Emotional Tone and Verbal Behavior in Patients With Tinnitus and Hyperacusis: An Exploratory Mixed-Methods Study. 28(3):660-672. doi: 10.1044/2019\_AJA-18-0136
- **Lurquin P** (2015). L'hyperacousie : impact sur la vie sociale. *Les Cahiers de l'Audition.* 28 (4) 56- 59.
- **Lurquin P, Fuks J** (2015). Evaluation de l'efficacité de la TRT au moyen de questionnaires : 1) le THI. *Les Cahiers de l'Audition* 28(2):38-42
- **Lurquin P, Pauwels A-L** (2015). L'hyperacousie : Impact sur la vie sociale. *Les Cahiers de l'Audition* 28 (4). 56-59
- **Lurquin P, Pelissier J.X** (2016). La TRT un monde en image. Partie 1 ; utilisation de l'image dans la pratique du counselling. *Les cahiers de l'Audition.* 29 (6). 60-63.
- **Lurquin P, Petit M** (2017). Hyperacousie (6<sup>ème</sup> partie) : Les questionnaires pour évaluer l'hyperacousie. *Les Cahiers de l'Audition.*30 (5). 30 -34.
- **Lurquin P, Real M, Rampont C** (2013). Impact de l'acouphène sur le couple, *Les Cahiers de l'Audition*, 26. (4). 24 - 27
- **Lurquin P, Soyer C** (2017). Acouphènes et Stress, 3<sup>ème</sup> partie. *Les Cahiers de l'Audition.* 30 (4). 65-68
- **Lurquin P, Violette H** (2016). Hyperacousie (5<sup>ème</sup> partie) Faire face à une hyperacousie dans un couple ou le coping dyadique. *Les Cahiers de l'Audition*, 29 (2). 46- 52

ReSound GN

## LA GESTION DES ACOUPHÈNES PAR RESOUND : RÉSULTATS DU TEST DE L'APPLICATION RESOUND RELIEF™

### Auteurs

Michael PISKOSZ

M.S., Global Medical Affairs

Steve A. HALLENBECK

Au.D – Global Audiology  
GN Hearing A/S

L'un des plus grands défis lorsque l'on travaille avec une population atteinte d'acouphènes est que tout le monde est différent. Regardez la liste de musique de quelqu'un sur son téléphone ou sa tablette - les chances d'avoir une autre personne avec exactement la même liste de lecture sont très peu probables. Les sons que nous écoutons, qu'ils soient choisis ou produits par un environnement particulier, varient considérablement d'une personne à l'autre. Les sons que nous préférons écouter peuvent même varier en fonction de facteurs spécifiques tels que l'humeur, l'heure de la journée ou le lieu, pour n'en nommer que quelques-uns. En effet, Searchfield et al. souligne que les sons utilisés pour la thérapie par le son peuvent varier dans leurs caractéristiques temporelles, spectrales et émotionnelles, et ont montré que les différences individuelles peuvent influencer l'efficacité de sons spécifiques par rapport à d'autres<sup>1</sup>. En raison de ces différences individuelles, il est important de proposer des outils de thérapie sonore flexibles qui peuvent répondre aux préférences uniques de chaque individu. Avec les progrès des smartphones et de la technologie sans fil ces dernières années, cette flexibilité peut être maximisée grâce à l'utilisation d'applications de thérapie par le son.

L'application ReSound Relief offre aux personnes souffrant d'acouphènes la possibilité d'introduire des sons au-delà de ce qui se trouve à l'intérieur de leur appareil auditif, dans leur thérapie par le son. Cela inclut la possibilité de créer des paysages sonores personnalisés, en utilisant des sons environnementaux, des exercices de relaxation guidés et d'autres sons téléchargeables. Chaque paysage sonore peut être personnalisé par son nom et une superposition allant jusqu'à 5 sons, permettant des options très dynamiques.

ReSound Relief agit finalement comme un lecteur sonore personnel multisensoriel (Figure 1). ReSound Relief propose également des conseils pour aider les utilisateurs à ne pas se concentrer sur leurs acouphènes. Chaque paysage sonore peut être personnalisé par son nom, sa couleur d'ambiance et une superposition de plusieurs sons. Jusqu'à 5 sons peuvent être superposés dans n'importe quel paysage sonore individuel en utilisant le mélangeur de sons pour créer des options dynamiques. ReSound Relief propose également des conseils en support de ceux proposés par l'audioprothésiste grâce à un programme de gestion des acouphènes. Les sons

de l'application ReSound Relief peuvent être transmis sans fil vers n'importe lequel de nos appareils auditifs compatibles à l'aide de notre technologie de diffusion sans fil 2,4 GHz, ou simplement utilisés en branchant un casque.

Pour évaluer l'efficacité de l'application ReSound Relief utilisée pour une thérapie par le son, un essai a été mené en demandant à 53 audioprothésistes d'évaluer l'application sur une échelle de 1 à 5, en tenant compte de divers facteurs.

Ceux-ci inclus :

- Facilité d'apprentissage et d'utilisation de l'application
- Flexibilité de l'application pour la thérapie par le son
- Qualité du contenu conseil/apprentissage
- Avantages apportés aux options cliniques de thérapie par le son
- Quelle est la probabilité que les audioprothésistes recommandent l'application à leurs patients
- Facilité à accomplir des tâches pertinentes pour la pratique clinique

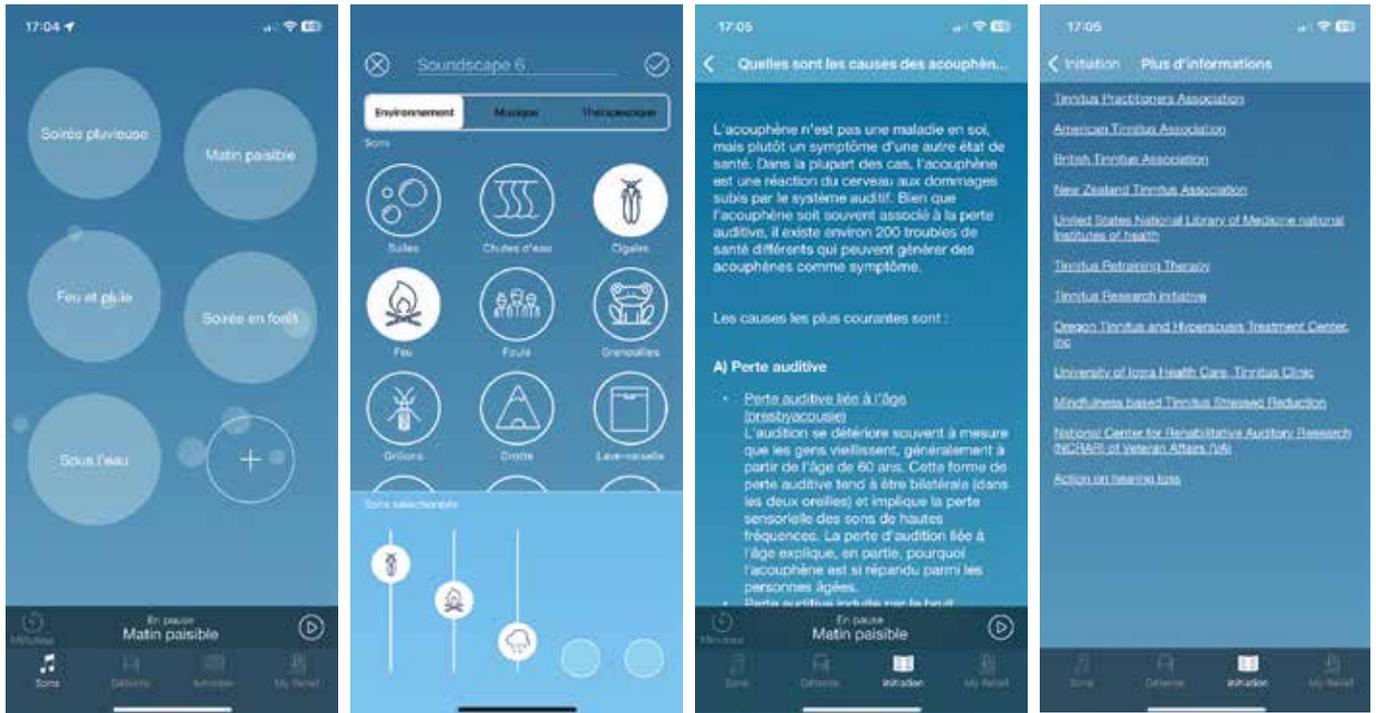


Figure 1 : L'application ReSound Relief propose des paysages sonores personnalisés, plusieurs fichiers sonores, des conseils utiles et bien plus encore.

Pour recueillir les données de l'essai, chaque audioprothésiste a eu un bref aperçu de l'application ReSound Relief.

Éviter une trop grande familiarité avec l'application avant l'essai visait à justifier des réactions initiales impartiales.

Une fois l'aperçu terminé, les audioprothésistes ont été invités à explorer l'application à leur guise, puis à remplir le sondage du test. Les résultats de l'enquête ont été recueillis auprès d'audioprothésistes qui travaillaient à la fois dans le secteur VA (Veterans affair) et privé.

Les résultats sont affichés sur la figure 2.

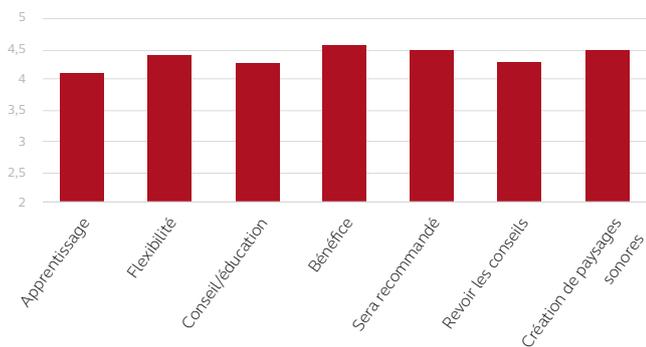


Figure 2 : Résultats du test de l'application ReSound Relief. Un score de 5 signifie que ReSound Relief atteint fortement l'objectif de la catégorie, et un score de 1 signifie qu'il n'atteint pas l'objectif de la catégorie.

Les résultats suggèrent que dans l'ensemble, les audioprothésistes ont trouvé l'application ReSound Relief très flexible et bénéfique pour la thérapie par le son, et une option viable qu'ils proposeront à leurs patients souffrant

d'acouphènes. La flexibilité de l'application a été notée 4,4/5 et le bénéfice 4,5/5. De plus, les audioprothésistes ont rapporté une note de 4,5/5 selon laquelle ils recommanderaient l'application à leurs patients souffrant d'acouphènes pour les aider à les gérer.

Comme pour de nombreuses applications ReSound Relief utilisées pour la première fois, il semble y avoir une courte courbe d'apprentissage sur la façon de maximiser l'utilisation de l'application. L'apprentissage de l'application a été noté 4,1/5. Il est recommandé de se familiariser d'abord avec l'application, avant de la proposer au patient. Cela étant dit, tous les audioprothésistes ont été invités à effectuer 2 tâches. La première consistait à localiser la section Initiation de l'application et à en examiner le contenu. Dans l'ensemble, la facilité d'exécution de cette tâche a été notée 4,3/5. L'autre tâche consistait à créer un paysage sonore à l'aide du mélangeur de son.

Les résultats suggèrent que les audioprothésistes ont trouvé cette tâche facile, la notant 4,5/5. Dans l'ensemble, les résultats de l'essai suggèrent que l'application ReSound Relief est un outil flexible qui devrait être considéré comme faisant partie d'un programme plus large de gestion des acouphènes.

L'application ReSound Relief est disponible gratuitement sur l'App Store et Google Play.

## RÉFÉRENCES

- Searchfield GD, Cameron H, Irving S, Kobayashi K. Sound therapies and instrumentation for tinnitus management. *New Zealand Medical Journal*. 2010; 123(1311); 112-125.



# AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE VIE DES UTILISATEURS D'AIDES AUDITIVES INFLUENCE DES MISES À JOUR DES APPAREILS ET DES APPLICATIONS SMARTPHONES

## Auteur

Mikael MÉNARD

Responsable de formation et  
d'application

Les technologies qui, il n'y a pas si longtemps, n'existaient que pour les smartphones et d'autres appareils électroniques, sont maintenant couramment disponibles sur les aides auditives modernes. Cette nouvelle génération d'appareils auditifs propose des mises à jour périodiques de leur firmware (logiciel interne) ainsi que de leurs applications smartphone. Les résultats de l'étude MarkeTrak 2022 suggèrent que ces spécificités technologiques pourraient améliorer la qualité de vie de nombreux utilisateurs d'aides auditives.

## LA CONVERGENCE DES APPAREILS AUDITIFS ET DE L'ÉLECTRONIQUE GRAND PUBLIC

Depuis quelques années, les appareils auditifs et le marché de l'électronique grand public tendent à se rapprocher. Les aides auditives intègrent désormais des technologies comme le Bluetooth®, la connectivité ou encore le rechargeable permettant une utilisation plus simple et plus large des appareils (écoute du téléphone, musique, suivi de santé, IA...). De même, le design des aides auditives tend lui aussi à se rapprocher des codes des accessoires de notre quotidien. Comme on peut le voir sur la figure 1, de nombreuses technologies ont complété les fonctionnalités « classiques » des appareils auditifs. Cet article analyse comment deux de ces technologies, les mises à jour de firmware des appareils et les applications smartphone, peuvent améliorer la qualité de vie de certains utilisateurs d'appareils auditifs.



Figure 1. La convergence des technologies grand public avec les fonctionnalités des aides auditives traditionnelles donnent accès à une nouvelle génération d'aides auditives offrant plus de possibilités aux utilisateurs. Les fonctionnalités listées dans ce graphique sont des exemples.

## MISE À JOUR DES FIRMWARE

Dans notre environnement quotidien, beaucoup de nos accessoires électroniques nécessitent des mises à jour. Votre smartphone, votre ordinateur, votre box internet, votre télévision... Tous ces périphériques et bien d'autres nécessitent, des mises à jour de firmware, les aides auditives modernes également. Mais **qu'est-ce qu'un firmware** et pourquoi est-il important de les tenir à jour ?

Le firmware d'un appareil est une partie logicielle embarquée dans les processeurs d'un appareil. On peut l'imaginer comme un jeu d'instructions et de codes utilisés par les appareils électroniques modernes afin de fonctionner correctement. Leur mise à jour fait partie du cycle de vie de ces composants afin de corriger, d'optimiser et améliorer leurs capacités et performances.

## FIRMWARE DANS LES AIDES AUDITIVES

Comme pour d'autres appareils modernes, le processeur des aides auditives intègre un firmware. Depuis l'intégration du Bluetooth dans les appareils auditifs, il est commun d'avoir recours à des mises à jour de celui-ci. Ceux-ci peuvent apporter des **améliorations de fonctionnalités** déjà existantes, de **nouvelles fonctionnalités**, des mises à jour de **compatibilités** ou encore des **corrections de bug** identifiés.

Ces mises à jour sont habituellement réalisées par l'audioprothésiste lors de la connexion des appareils au logiciel de réglage. L'utilisateur doit donc nécessairement retourner auprès de son audioprothésiste pour bénéficier de ces mises à jour.

## L'APPROCHE DE SIGNIA CONCERNANT LES MISES À JOUR DU FIRMWARE DES AIDES AUDITIVES



Figure 2. Liste résumée des mises à jour récentes des appareils AX et des fonctionnalités améliorées.

La mise à jour de firmware est un moyen efficace pour apporter des améliorations à certaines fonctionnalités déjà existantes ou pour en déployer de nouvelles au sein des appareils déjà adaptés aux utilisateurs. Ces mises à jour sont rapides à mettre en place et sans coûts supplémentaires. La figure 2 montre une chronologie des récentes mises à jour du firmware Signia pour la plateforme Signia Augmented Xperience (AX) et les nouvelles fonctionnalités associées à chaque mise à jour.

En mai 2021, Signia a lancé la plateforme **Signia AX** bénéficiant d'un traitement différencié du signal utile (parole) et du signal ambiant (bruit) en profitant d'une approche innovante de l'utilisation du *beamforming* dans la séparation des éléments sonore dans l'environnement du patient [1]. Ce traitement spécifique s'est traduit pour les utilisateurs par un contraste remarquable du signal de parole sur le signal ambiant [2].

### AUTO ECHOSHIELD ET OWN VOICE PROCESSING 2.0

En mai 2022, Signia a mis à jour deux fonctionnalités déjà présentes dans ses appareils auditifs [3]. **Auto EchoShield** analyse en continu le niveau de réverbération dans toutes les situations rencontrées par l'utilisateur et ajuste son traitement afin de réduire la gêne que ces réverbérations peuvent entraîner en termes de confort et de compréhension. **OVP 2.0** tire parti du double traitement du processeur AX pour isoler la réduction de gain de l'appareil uniquement sur la voix du patient lorsque celui-ci parle et non plus sur l'ensemble des sons.

### HANDSFREE ET CALLCONTROL POUR IOS

Avec la mise à jour du firmware de septembre 2022, Signia a amélioré la gestion des appels téléphoniques en Bluetooth avec les iPhone en apportant la possibilité de décrocher directement à partir de l'aide auditive (**CallControl**) [4] et d'utiliser les micros des aides auditives pour capter la voix en conversation téléphonique (**HandsFree**), permettant ainsi une utilisation main-libre totale des conversations téléphoniques.

### UPGRADED EWINDSCREEN ET AX SOUNDSCAPE PROCESSING

La dernière mise à jour de mars 2023 pour les appareils AX a apporté des améliorations sur le réducteur de bruit de vent (**eWindscreen**) et sur la gestion des scénarios acoustiques (**Soundscape Processing**) [5].

### L'APPROCHE DE SIGNIA CONCERNANT LES MISES À JOUR DES APPLICATIONS



Figure 3. Liste résumée des mises à jour récentes de l'application Signia app et des fonctionnalités apportées.

Contrairement à la mise à jour des aides auditives contrôlée par l'audioprothésiste, la mise à jour des applications smartphone est, elle, à l'initiative de l'utilisateur. Comme la mise à jour

du firmware des appareils, les mises à jour des applications permettent de bénéficier de nouvelles fonctionnalités ainsi que d'améliorations et optimisations avec le temps. Sur la figure 3 sont indiquées quelques-unes des mises à jour déployées pour l'application Signia App et les appareils Signia AX.

### SIGNIA ASSISTANT

Lancé fin 2019, Signia Assistant propose un ajustement des réglages des appareils auditifs, par une intelligence artificielle, en fonction de la problématique remontée par l'utilisateur. Cette intelligence artificielle apprend et évolue au fur et à mesure du temps et optimise ses performances avec l'expérience les ajustements proposés [6].

### MY WELLBEING

My WellBeing est un ensemble de fonctionnalités accessibles à travers l'application Signia App permettant à l'utilisateur un suivi de son activité via ses aides auditives. Le capteur de mouvement des appareils permet de mesurer l'activité physique et le nombre de pas réalisés chaque jour. Une étude récente montre l'efficacité de cette mesure par rapport aux systèmes grand public [7]. De plus, le temps de port des appareils ainsi que le temps de parole sont également disponibles dans l'application [8].

### AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE VIE DES UTILISATEURS EN LIEN AVEC CES MISES À JOUR

L'étude MarkeTrak (MT) 2022 sonde plusieurs centaines de personnes présentant une perte auditive, dont beaucoup sont porteurs d'aides auditives. L'une des conclusions notables de cette étude concerne la fréquence à laquelle les appareils auditifs sont désignés comme améliorant la qualité de vie de leurs utilisateurs. Comme on peut le voir sur la figure 4, ces améliorations de la qualité de vie ont augmenté de façon constante au cours des trois derniers rapports des études MarkeTrak [9]. En 2015, 48 % des personnes interrogées ont déclaré que les appareils auditifs amélioraient régulièrement leur qualité de vie, et en 2022, ce chiffre est passé à 64 %.

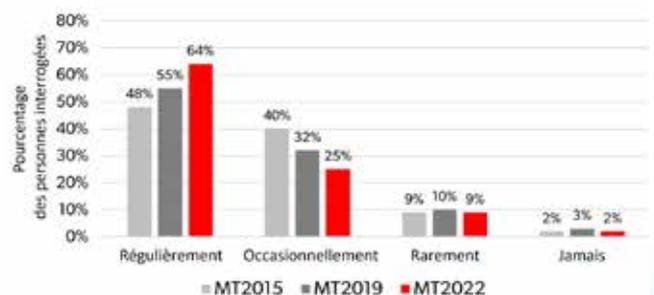


Figure 4. Pourcentage des interrogés, porteurs d'aides auditives, indiquant comment leur qualité de vie est améliorée par l'utilisation des appareils auditifs. Résultats provenant de 3MarketTrack, adapté de l'article de Picou [9].

On peut constater sur cette figure n°4 que l'amélioration de la qualité de vie des porteurs d'aides auditives augmente au fur et à mesure des années. Bien qu'il soit difficile d'isoler exclusivement l'impact des mises à jour dans cette amélioration de la qualité de vie, il est raisonnable de supposer qu'elles y participent de manière importante compte tenu de leur mise en place, coïncidant avec l'amélioration mesurée. Les nouvelles fonctionnalités apportées par ces mises à jour pour

les utilisateurs pouvant en bénéficier ont tendance à engendrer des niveaux de satisfaction plus élevés que pour ceux qui n'y ont pas accès ou qui ne les utilisent pas [9].

À partir de ces constatations, et dans une optique d'optimiser les résultats de satisfaction avec les nouvelles générations d'aides auditives, il serait pertinent pour les audioprothésistes d'investiguer et de s'assurer dans leur anamnèse, que leurs patients aient les connaissances et compétences pour bien exploiter ces nouvelles fonctionnalités et les tenir à jour. Le résultat permet une satisfaction et une qualité de vie améliorée pour ces utilisateurs pouvant pleinement profiter de ces fonctionnalités.

### RÉFÉRENCES

1. Jensen NS, Høydal EH, Branda E, et al. Augmenting speech recognition with a new split-processing paradigm. *The Hearing Review*. 2021;28(6):24-27.
2. Taylor B, Jensen NS. Evidence supports the advantages of Signia AX's split processing. *Signia White Paper*. Available at: <https://www.signia-pro.com/en/blog/global/2022-06-white-paper-evidence-supports-the-advantages-of-signia-ax-split-processing/>. Published June 22, 2022.
3. Jensen NS, Pischel C, Taylor B. Upgrading the performance of Signia AX with Auto EchoShield and Own Voice Processing 2.0. *Signia White Paper*.

2022. Available at: <https://www.signia-pro.com/en/blog/global/2022-05-02-upgrading-the-performance-of-signia-ax/>.

4. Jensen NS, Branda E, Harris S, et al. Preferences with a hearing aid headset mode. *The Hearing Review*. Published January 12, 2023. Available at: <https://hearingreview.com/hearing-products/hearing-aids/psap/preferences-with-a-hearing-aid-headset-mode>.
5. Signia Upgraded eWindScreen and improved AX Soundscape Processing. *Signia Backgrounder*. 2023. Available at: <https://www.signia-pro.com/en/blog/global/2023-03-backgrounder-ewindscreen-and-soundscape-processing/>.
6. Jensen NS, Taylor B, Muller M. AI-based fine-tuning: how Signia Assistant improves wearer acceptance rates. *Audiology Online*. 2023;(28555). Available at: <https://www.audiologyonline.com/articles/ai-based-fine-tuning-signia-28555>.
7. Branda E, Jensen NS, Warmuth J. Measuring steps at the ear: how my steps improves accuracy. *Signia White Paper*. 2022. Available at: <https://www.signia-pro.com/en/blog/global/2022-09-whitepaper-my-steps/>.
8. Jensen NS, Taylor B. Supporting hearing health and general health with My WellBeing. *Signia White Paper*. 2022. Available at: <https://www.signia-pro.com/en/blog/global/2022-09-01-whitepaper-my-wellbeing/>.
9. Picou EM. Hearing aid benefit and satisfaction results from the MarkeTrak 2022 Survey: Importance of features and hearing care professionals. *Seminars in Hearing*. 2022;43(4); 301-316.



Acoustique  
**wernert**  
solutions auditives

AUDIOPROTHÉSISTES

## Rejoignez une équipe centrée sur l'humain.

Acoustique Wernert, c'est la garantie de pouvoir exercer son métier à son rythme, avec les fournisseurs de son choix. Une liberté inégalée, avec le patient au cœur de nos préoccupations.

- Formation continue
- Matériel de pointe
- Bon relationnel prescripteurs
- Indépendant depuis 1984
- Parcours d'intégration
- Rémunération attractive
- Management collaboratif

POUR POSTULER

Tél. 04 77 37 30 65  
[christine@acoustique-wernert.com](mailto:christine@acoustique-wernert.com)

**18 labos**  
en région  
Auvergne  
Rhône-Alpes



# L'ÉLECTRODE COCHLEAR™ SLIM MODIOLAR : CONÇUE POUR ÉPOUSER LA FORME NATURELLE DE LA COCHLÉE



Les progrès technologiques dans le domaine des implants cochléaires ont ouvert de nouvelles perspectives pour les personnes atteintes de surdité sévère à profonde. Parmi les récentes avancées, l'électrode Cochlear™ Slim Modiolar se démarque par sa conception qui vise à épouser la forme naturelle de la cochlée. Il s'agit de l'électrode périmodiolaire la plus fine et la plus évoluée de la gamme d'implants cochléaires de Cochlear.<sup>1</sup>

Découvrons comment ses caractéristiques lui confèrent des avantages significatifs en termes de positionnement, de stimulation du nerf auditif et finalement, de performances auditives.

## UN POSITIONNEMENT ADAPTÉ ET COMPLET DANS LA RAMPE TYMPANIQUE

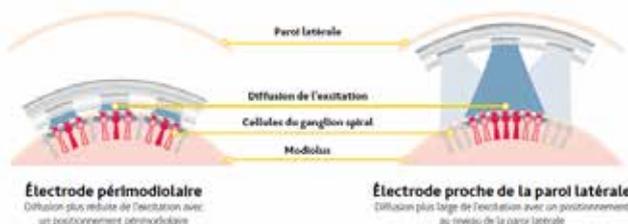
Développée sur la base du design périmodiolaire de l'électrode Contour Advance®, l'électrode Slim Modiolar se distingue par sa finesse et son mécanisme d'insertion unique, en vue d'une insertion atraumatique par la fenêtre ronde, connue pour assurer un positionnement correct dans la rampe tympanique.<sup>2,5</sup>

Lors de son insertion, l'électrode Slim Modiolar va en effet permettre d'éviter le contact avec la paroi latérale de la cochlée, protégeant ainsi les structures délicates de l'oreille interne<sup>2,6</sup> et **réduisant significativement les risques de dislocation de l'électrode.**<sup>7</sup>

Et les résultats sont notables, puisqu'une étude multicentrique a montré que toutes les électrodes Slim Modiolar avaient été positionnées avec succès dans la rampe tympanique.<sup>2</sup>

## UNE STIMULATION PRÉCISE ET EFFICACE DU NERF AUDITIF<sup>3</sup>

Le principe d'un faisceau d'électrodes périmodiolaire consiste à positionner les électrodes au plus près du modiulus et des cellules du ganglion spiral (CGS). Dans cette position et par comparaison aux faisceaux positionnés à distance du modiulus ou le long de la paroi latérale, la diffusion de l'excitation est réduite<sup>8-9</sup> tout comme les niveaux de stimulation.<sup>10-13</sup> Ceci entraîne une meilleure sélectivité neuronale<sup>14-15</sup> mais également une meilleure compréhension de la parole.<sup>16,17</sup>



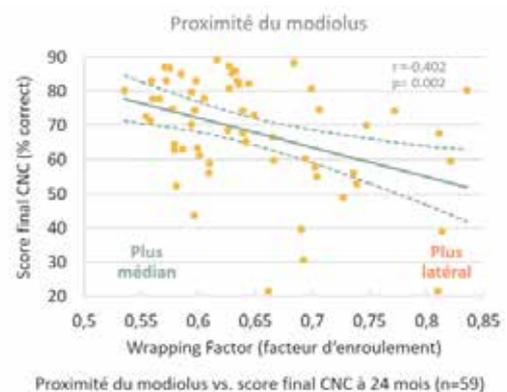
**Les faisceaux d'électrodes périmodiolaires sont conçus pour être positionnés au plus près du modiulus, le site ciblé par la stimulation électrique.**<sup>3</sup>

Le wrapping factor permet d'évaluer le positionnement du faisceau d'électrodes dans la cochlée. Plus il est faible, plus la distance au modiulus est faible et meilleur est le positionnement périmodiolaire.

Avec sa forme courbée, l'électrode Slim Modiolar est conçue pour garantir un positionnement au plus près du modiulus, avec un wrapping factor faible<sup>15,18</sup>, pour une stimulation plus précise et efficace du nerf auditif.<sup>3,15,18</sup>

Ainsi, positionner les faisceaux d'électrodes au plus près du nerf auditif permet :

- une meilleure sélectivité neuronale<sup>8,9,14,15</sup>
- une amélioration des performances auditives<sup>16,17</sup>
- une réduction des niveaux de stimulation électrique<sup>10-13</sup> entraînant une diminution des distorsions auditives ou des sensations de gêne pour le patient



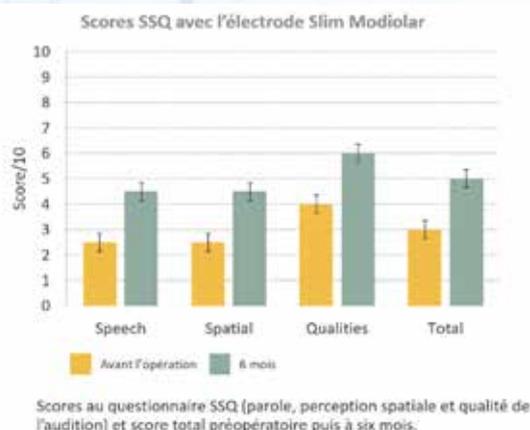
## UNE AMÉLIORATION DES RÉSULTATS AUDITIFS PROUVÉE

Plusieurs études montrent qu'il existe une corrélation positive entre le positionnement complet du faisceau d'électrodes dans la rampe tympanique, la proximité du modiulus et l'amélioration de l'audition.<sup>3,16</sup>

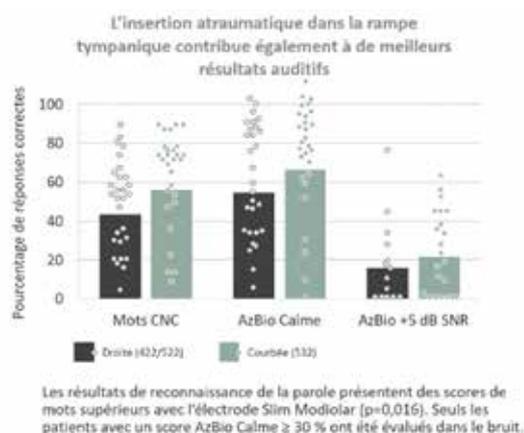
Pour les patients, les bénéfices d'un positionnement de l'électrode au plus proche du nerf auditif sont réels, notamment en termes de compréhension de la parole.<sup>16,17</sup>

Les utilisateurs de l'électrode Slim Modiolar présentent ainsi une amélioration de la compréhension de la parole dans le calme et dans le bruit<sup>4,19,20</sup> comme le démontrent les résultats ci-dessous.

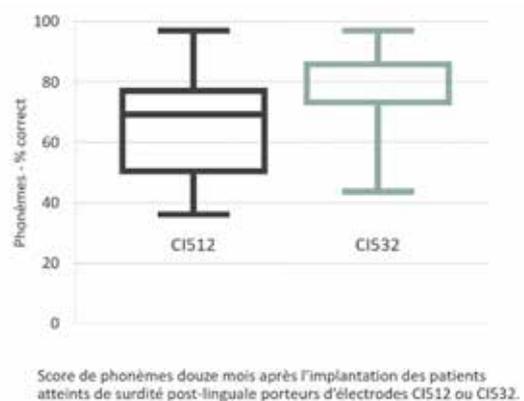
- Les patients implantés avec l'électrode Slim Modiolar présentaient une amélioration significative de leurs performances six mois après l'implantation, tel qu'indiqué par leurs scores SSQ (Speech, Spatial and Quality of Hearing).<sup>19</sup>



- En comparaison avec l'électrode Slim Straight, l'électrode Slim Modiolar apporte une meilleure reconnaissance de la parole dans le calme, des impédances plus faibles et moins variables, une meilleure préservation de l'audition résiduelle.<sup>18</sup>



- 12 mois post-implantation, les performances vocales des patients implantés avec l'électrode Slim Modiolar sont significativement meilleures que celles des patients implantés avec l'électrode Contour Advance.<sup>3</sup>



Sur la base des éléments présentés ci-dessus, il est possible de conclure qu'en étant positionnée complètement dans la rampe tympanique et au plus proche du nerf auditif, l'électrode périmodiolaire Slim Modiolar de Cochlear contribue à améliorer les performances auditives des patients.

## RÉFÉRENCES

1. Based on latest generation of cochlear implant electrodes manufactured by Cochlear available as at 1 July 2019.
2. Aschendorff A, Briggs R, Brademann G, Helbig S, Hornung J, Lenarz T, Marx M, Ramos A, Stover T, Escudé B and James CJ. Clinical investigation of the Nucleus Slim Modiolar Electrode. *Audiology & Neurotology* 2017;22:169-179.
3. Shaul C, Dragovic AS, Stringer AK, O'Leary SJ, Briggs RJ. Scalar localisation of peri-modiolar electrode arrays and speech perception outcomes. *J Laryngol Otol*. 2018;132:1000-6.
4. Cuda D, Murri A. Cochlear implantation with the nucleus slim modiolar electrode (CI532): a preliminary experience. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017;274:4141-8.
5. Jiam N, Limb C. The impact of round window vs cochleostomy surgical approaches on interscalar excursions in the cochlea: Preliminary results from a flat-panel computed tomography study. *World Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery* (2016) 2, 142-147.
6. Briggs RJ, Tykocinski M, Lazsig R, et al. Development and evaluation of the modiolar research array—multi-centre collaborative study in human temporal bones. *Cochlear Implants Int* 2011;12:129-39.
7. De Seta D, Torres R, Russo FY, Ferrary E, Kazmitcheff G, Heymann D, et al. Damage to inner ear structure during cochlear implantation: Correlation between insertion force and radio-histological findings in temporal bone specimens. *Hear Res* 2017; 344: 90-7.
8. Hughes ML, Abbas PJ. Electrophysiologic channel interaction, electrode pitch ranking, and behavioral threshold in straight versus perimodiolar cochlear implant electrode arrays. *J Acoust Soc Am* 2006; 119: 1538-47.
9. Xi X, Ji F, Han D, Hong M, Chen A. Electrode interaction in cochlear implant recipients: comparison of straight and contour electrode arrays. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2009; 71: 228-37.
10. Saunders E, Cohen L, Aschendorff A, Shapiro W, Knight M, Stecker M, et al. Threshold, comfortable level and impedance changes as a function of electrode-modiolar distance. *Ear Hear* 2002; 23(1 Suppl): 285-405.
11. Parkinson AJ, Arcaroli J, Staller SJ, Arndt PL, Cosgriff A, Ebinger K. The nucleus 24 contour cochlear implant system: adult clinical trial results. *Ear Hear* 2002; 23(1 Suppl): 415-85.
12. Gordon K, Papsin B. From Nucleus 24 to 513. Changing Cochlear Implant Design Affects Auditory Response Thresholds. *Otol Neurotol*. 2013; 34: 436-442.
13. Gordin A, Papsin B, James A, Gordon K. Evolution of Cochlear Implant Arrays Result in Changes in Behavioral and Physiological Responses in Children. *Otol Neurotol*. 2009; 30: 908-915.
14. Basta D, Todt I, Ernst A. Audiological outcome of the pull-back technique in cochlear implantations. *Laryngoscope* 2010; 120: 1391-6.
15. Ramos de Miguel A, Argudo AA, Borkoski Barreiro SA, Falcon Gonzalez JC, Ramos Macias A. Imaging evaluation of electrode placement and effect on arch discrimination on different cochlear implant electrode arrays. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2018 Jun;275(6):1385-1394.
16. Holden LK, Finley CC, Firszt JB, Holden TA, Brenner C, Potts LG, et al. Factors affecting open-set word recognition in adults with cochlear implants. *Ear Hear* 2013; 34: 342-60.
17. Dowell, R. Evidence about the effectiveness of cochlear implants for adults. Evidence based practice in audiology: evaluating interventions for children and adults with hearing impairment. Plural Publishing. 2012; 141-66.
18. Holder JT, Yawn RJ, Nassiri AM, Dwyer RT, Rivas A, Labadie RF, Gifford RH. Matched Cohort Comparison Indicates Superiority of Precurved Electrode Arrays. *Otol Neurotol* 2019 Oct;40(9):1160-1166.
19. Hey M, Wesarg T, Mewes A, Helbig S, Hornung J, Lenarz T, Briggs R, Marx M, Ramos A, Stöver T, Escudé B, James CJ, Aschendorff A. Objective, audiological and quality of life measures with the CI532 slim modiolar electrode. *Cochlear Implants Int*. 2019 Mar;20(2):80-90.
20. Friedmann DR, Kamen E, Choudhury B, Roland JT Jr. Surgical Experience and Early Outcomes With a Slim Perimodiolar Electrode. *Otol Neurotol*. 2019 40(3):e304-e310.

**DIU AUDIOLOGIE ET  
OTOLOGIE MÉDICALE**  
**AUDITION - EQUILIBRE**  
**Enfant & Adulte**

**FORMATION PRATIQUE  
À LA CARTE 2023-2024**

D'octobre 2023 à juin 2024  
15 vendredis de cours zoom +  
4 sessions pratiques de 2 jours à Lyon  
et Paris

Destiné aux **médecins,**  
**audioprothésistes, kinésithérapeutes,**  
**et orthophonistes et médecins**

**Responsables universitaires**

Professeur Hung THAI-VAN  
(Université Lyon 1, Institut de  
l'Audition, Institut Pasteur)

Professeur Natacha TEISSIER  
(Université de Paris)

**Conseil pédagogique**

Professeur Paul AVAN, Monsieur  
Matthieu DEL RIO, Monsieur Olivier  
DUMAS, Docteur Fabrice GIRAUDET,  
Docteur Charlotte HAUTEFORT,  
Docteur Eugen IONESCU, Docteur  
Audrey MAUDOUX, Monsieur José  
ORTEGA-SOLIS, Monsieur Christian  
RENARD, Madame Muriel RENARD,  
Docteur Pierre REYNARD, Professeur  
Hung THAI-VAN, Docteur Sylvette  
WIENER-VACHER

**Objectifs de la formation**

Proposer aux médecins, audioprothésistes, orthophonistes et kinésithérapeutes, une formation de référence en France sur l'évaluation clinique et para-clinique des troubles de l'audition et de l'équilibre, leur prise en charge interdisciplinaire, au travers de nombreux ateliers pratiques.

**Le DIU répond aux besoins suivants :**

- Formation aux techniques de diagnostic audio-vestibulaire suite à l'arrêté du 23 avril 2012, relatif à l'organisation du dépistage de la surdité permanente néonatale : prise en charge plus précoce de la surdité de l'enfant, tests électrophysiologiques spécifiques, prise en charge indispensable des troubles vestibulaires associés à la surdité (2/3 des cas).
- Formation aux nouvelles règles de prescription de la prothèse auditive suite à l'arrêté du 14 novembre 2018 : examen clinique du patient malentendant, tests d'audiométrie tonale et vocale dans le silence et dans le bruit, tests objectifs mesurant

la fonction endocochléaire et rétrocochléaire, diagnostic et prise en charge des neuropathies auditives et des troubles centraux de l'audition.

- Formation spécifique à la prise en charge des troubles vestibulaires et auditifs aux âges extrêmes (petit enfant, sujet âgé)

**Modalités**

Enseignement présentiel et à distance  
Enseignement pratique des techniques d'examen audio-vestibulaires par des instructeurs très expérimentés Jeux de rôle médecin/patient  
Formation validante pour le DPC

**Volume horaire total**

Enseignement théorique 100 h + enseignement pratique 70h (dont 20h de stage) Module Audiologie 30 h cours + 40 h pratique  
Module Vestibule 30 h cours + 30 h pratique  
Tronc commun 40 h cours  
Possibilité de s'inscrire à un seul des modules, mais tronc commun obligatoire

**Inscriptions et tarifs**

**Inscription à partir de juin 2023**

Formation initiale normale : 1300 € (étudiants non diplômés) Formation continue, prise en charge individuelle : 1500 € Formation continue, prise en charge employeur : 1500 €

**Dossier d'inscription et informations pratiques (écrire aux deux adresses)**

mahjouba.choukri@chu-lyon.fr  
corinne.monceau@chu-lyon.fr  
04 72 11 05 03 – 04 72 11 05 15



**DIPLÔME D'UNIVERSITÉ  
D'AUDIOPHONOLOGIE ET  
D'OTOLOGIE DE L'ENFANT**

Service d'ORL Pédiatrique et de  
Chirurgie Cervicofaciale  
Hôpital Universitaire Necker Enfants-  
Malades – Paris

APHP et Université Paris Cité

Directeurs de l'enseignement :  
Pr F. Denoyelle et Pr E.N. Garabédian

**Responsable de l'enseignement  
d'Audiophonologie :** Pr N. Loundon

**Responsables de l'enseignement  
d'Otologie :** Pr V. Couloigner, Pr N.  
Leboulanger, Dr F. Simon

**Le DU comporte**

- Un tronc commun obligatoire d'audiophonologie  
Ouvert aux médecins ORL, phoniâtres, médecins des centres spécialisés et aux orthophonistes, psychologues, audioprothésistes, professeurs de sourds, instituteurs spécialisés
- Une option otologie, réservée aux médecins spécialisés en ORL

**Organisation de l'enseignement**

Sur 8 vendredis entre Novembre 2023 et Juin 2024 avec cours théoriques (60h) et cours pratiques (la majorité des journées d'enseignement sont organisées en distanciel, et deux vendredis sont en présentiel).

**L'enseignement concerne**

- l'oreille et son fonctionnement, les explorations fonctionnelles audio-vestibulaires,
  - les surdités de l'enfant et leurs conséquences sur le langage, les thérapeutiques médicales et chirurgicales, la génétique, l'appareillage auditif, les implants cochléaires, d'oreille moyenne et à ancrage osseux chez l'enfant, les réglages d'implant ;
  - les aspects éducatifs, La prise en charge orthophonique et la scolarité, les aspects administratifs, sociaux et financiers ;
  - la dysphonie de l'enfant, les retards de langage.
- Avec 3 ateliers pratiques : Techniques et pièges de l'audiométrie infantile ; Guidance parentale ; Techniques chirurgicales.

**Clôture du diplôme : examen écrit.**

**Renseignements**

Secrétariat : Tel 01.71.39.67.85  
Fax : 01.71.39.67.00  
Mail : fanny.rollin@aphp.fr

**Clôture des inscriptions**

Le 10 novembre 2023

**Frais d'inscription**

1000 € (internes ou formation initiale 500 €, diplômés depuis moins de 2 ans 700 €). Agrément Formation Permanente. Recommandé par le Comité Français du BIAP.



**AUDIOPROTHÉSISTES RÉGION PACA**  
AIX / DRAGUIGNAN / MARSEILLE / NICE / SAINT-RAPHAËL

**REJOIGNEZ-NOUS !**

- ✓ **Empathiques et à l'écoute** des besoins de vos patients,
- ✓ **Motivés pour rejoindre un réseau régional dynamique,**
- ✓ **Plateaux techniques performants et innovants,**
- ✓ **Focus sur l'appareillage :** gestion, investissements, administratif gérés pour vous,
- ✓ **Respect des pratiques professionnelles, individualisation de l'offre, l'humain avant tout !**

- CDI**  
Statut Cadre
- 55-70K€ annuels brut**  
Fixe + variable
- Centres certifiés**  
Bureau Veritas Quali'Audio
- Entreprise responsable**  
Socialement engagée
- Chèques déjeuner**  
**Comité d'entreprise**  
Nombreux avantages
- Région privilégiée**  
Soleil, mer & montagne

**ENVOYEZ VOTRE CV À :**  
**RECRUTEMENT@LAMUT.FR**



[www.lamut.fr](http://www.lamut.fr)  
Organisme agréé par le Code de la Mutualité  
N° SIREN 532 098 131

**Recherche Audioprothésiste D.E.**

Implantés sur Rouen et son agglomération depuis plus de 50 ans, les Laboratoires F. LE HER, référence régionale de la prise en charge des patients malentendants et de l'appareillage pédiatrique, cherchent à renforcer leurs équipes et recherchent un(e) audioprothésiste Diplômé(e) d'Etat. En nous rejoignant, vous pourrez :

- intégrer un structure familiale, à taille humaine, mais suffisamment importante pour favoriser les échanges,
- bénéficier de l'encadrement de membres du Collège National d'Audioprothèse, de la Société Française d'Audiologie, de l'AFREPA... pour des formations et un support au quotidien,
- participer aux différents congrès, DU, et formations dispensées au sein du réseau Dyapason,
- travailler dans des locaux agréables intégrant tout le matériel nécessaire à une activité de pointe,
- profiter d'une rémunération attractive.

Contactez directement Thomas ROY : 02 35 89 57 08 ou [t.roy@laboratoire-leher.fr](mailto:t.roy@laboratoire-leher.fr)

[www.laboratoire-leher.fr](http://www.laboratoire-leher.fr)



**30 ans**  
**d'Expérience**  
**reconnue**

*Chez Audition Conseil !*

En choisissant l'enseigne nationale Audition Conseil pour transformer, créer et développer votre activité d'Audioprothésiste Indépendant, vous faites le choix de conserver votre liberté d'entreprendre tout en adhérant à un univers de marque soigné, chaleureux et élégant à la notoriété nationale ainsi qu'un accompagnement terrain clé en main.

**BIENVILLANCE ET POSITIVITÉ REFLÈTENT LA VISION DE VOTRE MÉTIER... REJOIGNEZ-NOUS ET CULTIVONS ENSEMBLE VOTRE EXPERTISE DÉDIÉE À LA SANTÉ ET AU BIEN-ÊTRE AUDITIF DE VOS CLIENTS !**



**AUDITION CONSEIL**

Le Bonheur est dans l'Oreille

**RENCONTRONS-NOUS !**

Audition Conseil France  
[acfparis@auditionconseil.fr](mailto:acfparis@auditionconseil.fr)  
**01 56 56 75 61**

Signia vient à votre rencontre et vous invite  
à l'événement partenaire de la rentrée !

# ROADSHOWS 2023

Du 12 au 28 septembre



signia

## Signia vous donne rendez-vous près de chez vous

Formations sur les innovations exclusives de Signia, échanges et ateliers sont au programme.

Une occasion de partager des moments conviviaux, en soirée, avec l'équipe d'experts produits Signia.

Connectez-vous pour connaître les dates de passage dans votre région et vous y inscrire.

Be  
Brilliant™

Je m'inscris !



signia-pro.com

\* Révélez-vous.

Ces produits sont destinés aux personnes souffrant de troubles de l'audition. Caractéristiques techniques disponibles sur le site internet. Pour un bon usage, veuillez consulter les manuels d'utilisation. Les aides auditives et l'application Signia App sont des dispositifs médicaux de classe IIa. Les marques et symboles Bluetooth® sont la propriété exclusive de Bluetooth SIG Inc. utilisés par WSAUD A/S sous permission. Les autres marques et symboles appartiennent à leurs propriétaires respectifs. Android, Android robot et Google Play sont des marques déposées de Google Inc. Apple App Store est une marque déposée d'Apple Inc. iPhone est une marque déposée de Apple Inc., enregistrée aux États-Unis et dans les autres pays. Les aides auditives sont des dispositifs médicaux remboursés par les organismes d'assurance maladie. Classe 1 : Codes individuels (Base de remboursement) - de 20 ans : 7336246, droite / 7336223, gauche (1400 €) et + de plus 20 ans : 7336200, droite / 7336230, gauche (400 €). Classe 2 : Codes individuels (Base de remboursement) - de 20 ans : 7336163, droite / 7336140, gauche (1400 €) et + de plus 20 ans : 7379971, droite / 7336186, gauche (400 €). 062023 ©WSAUD A/S.



# RUGGED, L'APPAREIL À TOUTE ÉPREUVE

Jusqu'à 39h d'autonomie



Cet été, évitez les pannes dues à l'humidité,  
à la chaleur et à la transpiration



Résistance  
à l'acidité  
de la sueur  
améliorée



Résistance  
à l'immersion  
jusqu'à 2m  
de profondeur



Résistance  
aux savons  
et aux  
produits  
cosmétiques



Résistance  
aux chocs  
renforcée à  
2m de hauteur



Résistance  
aux rayures  
améliorée



Certifié  
ATEX

Retrouvez-nous sur



[www.rexton.com/fr-fr](http://www.rexton.com/fr-fr) | [shop.biotone.fr](http://shop.biotone.fr)

# REXTON