REVUE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

LA REVUE DU COLLÈGE NATIONAL D'AUDIO-PROTHÈSE

Les Cahiers de l'Audition

BIMESTRIEL

Juillet / Août 2022 - Vol 35 - N°4 / WWW.COLLEGE-NAT-AUDIO.FR

IMPLANT COCHLÉAIRE

CAS CLINIQUE : DÉPISTAGE EN MATERNITÉ

CAS CLINIQUE

APPAREILLAGE D'UN PATIENT SUB-COPHOTIQUE PAR UN SYSTÈME STÉRÉOBiCROS (OU TRiCROS)

MÉTIER ET TECHNIQUE

UNE MODERNISATION NÉCESSAIRE DES PROFESSIONS DE LA FILIÈRE : RAPPORT DE L'IGAS

REVUE DE LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE

UNE MISE AU POINT SUR L'IMPACT DE LA COVID-19 SUR LA FONCTION AUDITIVE

VEILLE TECHNIQUE INNOVATIONS DES INDUSTRIELS

Camille Spira, Spécialité Acouphènes-Hyperacousie
Expert au pôle Acouphènes chez Audika

Audika : expert dans le traitement des acouphènes

Qu'est-ce qu'un acouphène et quel est le rôle du pôle acouphènes chez Audika?

L'AFREPA[1] définit un acouphène comme « une sensation auditive sans stimulation sonore extérieure ni signification qui peut être vécue comme une expérience désagréable pouvant impacter la qualité de vie »

Il existe deux familles d'acouphènes : les acouphènes objectifs qui représentent 5 % des cas d'acouphènes et les acouphènes subjectifs, présents chez 95 % des patients acouphéniques. Les acouphènes objectifs possèdent une source sonore identifiable. Ils peuvent être pulsatiles rythmés sur les battements cardiaques ou sur la respiration. Les acouphènes subjectifs sont ceux que nous retrouvons au laboratoire et peuvent être causés par la destruction ou un dysfonctionnement des cellules sensorielles de l'oreille interne ou bien par une lésion synaptique. Ces acouphènes peuvent se manifester de façons différentes selon leur timbre, leur intensité. Ils peuvent être aigus ou chroniques, et être perçus dans une oreille, dans les deux ou dans la tête.

Chez Audika, le pôle acouphènes est composé d'audioprothésistes spécialisés dans la prise en charge des patients acouphéniques et hyperacousiques. Les experts de ce pôle assurent une prise en charge optimale de ces patients. Ils peuvent également travailler conjointement avec d'autres professionnels de spécialités complémentaires pour les cas les plus particuliers. En parallèle, ces audioprothésistes experts échangent et se forment continuellement sur la prise en charge des acouphènes. Les membres du pôle acouphènes partagent par ailleurs leur expertise lors de formations régulières aux audioprothésistes de l'ensemble du réseau Audika.

Comment se passe la prise en charge audioprothétique d'une personne souffrant d'acouphènes ?

L'appareillage d'un patient souffrant d'acouphènes dépend de plusieurs critères : l'hypoacousie associée ou non, l'association d'une hyperacousie, les résultats aux questionnaires (THI, BAHIA, ...), les échelles visuelles analogiques, et les résultats aux tests vocaux dans le bruit en cas d'audition normale ou subnormale.

En fonction de l'ensemble de ces éléments, un essai d'appareillage est initié dans sa version conventionnelle avec correction de la perte auditive, ou via un essai de TRT[2] avec utilisation d'un générateur de bruit blanc.

Chez Audika, cette prise en charge est accompagnée de séances de counselling[3] pour faire accepter la thérapie au patient, lui permettre de comprendre l'acouphène et le dédramatiser. La constitution d'une équipe pluridisciplinaire autour de chaque patient comprenant à minima un ORL, un sophrologue et un audioprothésiste permet une prise en charge fluide et complète.

Chez Audika, notre pôle acouphènes se mobilise pour apporter un accompagnement sur-mesure et d'excellence à nos patients à travers un réseau d'experts disponibles dans toute la France.

Découvrez nos pôles d'expertise sur www.audika.fr

[1] Association Francophone des Équipes Pluridisciplinaires en Acouphénologie
[2] Tinnitus Retraining Therapy ou «Thérapie d'accoutumance à l'acouphène
[3] Conseils

Audika

SOMMAIRE

Les Cahiers de l'Audition

Vol 35 - N°4 - Juillet / Août 2022

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
1er Vice Président : COLIN David
2e 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 Stéphane, 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 Benoit, 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 Léonardo, 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 6 *Communications EPU 2021*

- Troubles de la sonie et du traitement temporel. *Paul AVAN* **p.6**
- Vers une meilleure détection d'une atteinte neurale impliquée dans un trouble subtil de la sonie : les surdités cachées. *Fabrice GIRAUDET* **p.10**
- Altérations de la sonie dans les atteintes cochléaires et leur remédiation audio-prothétique. *Christophe MICHEYL* **p.15**
- Acuité temporelle, acuité fréquentielle, confusions phonétiques et correction auditive. *Frank LEFÈVRE* **p.23**

Revue de littérature scientifique et médicale 28

- Une mise au point sur l'impact de la Covid-19 sur la fonction auditive *Fabrice GIRAUDET*

30 **Cas clinique** *Morgan POTIER*

- Appareillage d'un patient sub-cophotique par un système StéréoBiCROS (ou TRiCROS).

Implant cochléaire 36

- **Cas clinique : dépistage en maternité** *Pr. Natalie LOUNDON*

Métier et technique 40

- Une modernisation nécessaire des professions de la filière *Arnaud COEZ - Rapport de l'IGAS*

Veille technique Les innovations des industriels 46

Actualités Offre d'emplois 52

NOUVEAU

Ouvrez un monde de merveilles

avec Audéo Life, la première aide auditive rechargeable et étanche au monde.

Découvrez Phonak Audéo Life™, une aide auditive qui est étanche*, rechargeable et qui délivre un son naturel net[1].

Rien n'égale le son de Paradise.

Phonak Audéo Life

[1] Taphuntsang, D. (2020). Étude de marché ID 4387. Veuillez contacter marketinsight@phonak.com pour obtenir davantage d'informations. * Jusqu'à 50 cm ou 1,64 po

PHONAK
life is on*

Une marque Sonova

*la vie s'exprime

LE MOT DU PRÉSIDENT

Matthieu Del RIO
Président du Collège
National d'Audioprothèse

Chers Collégiens, Chers Confrères, Chers Étudiants,

C'est avec grand plaisir que je vous retrouve pour ce nouveau numéro des Cahiers de l'Audition avant la pause estivale. 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 !

Notre dossier principal est à nouveau dédié aux très nombreuses communications de haut vol proposées lors de la dernière édition de l'Enseignement post-universitaire en audioprothèse. Il reviendra entre autres sur les troubles de la sonie et du traitement temporel par le Professeur Paul Avan, ou encore sur les altérations de la sonie dans les atteintes cochléaires et leur remédiation audio-prothétique par Christophe Micheyl pour ne citer qu'eux. Hors du dossier principal, il serait dommage de passer à côté de l'excellent cas clinique de Morgan Potier portant sur l'appareillage d'un patient sub-cophotique par un système StéréoBiCROS (ou TRiCROS). Aussi, et pour revenir à un sujet qui a marqué l'actualité - le récent rapport de l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS) et de l'Inspection générale de l'éducation, du sport et de la recherche (IGÉSR) - vous est brillamment décrypté par Arnaud Coez sous l'angle d'une nécessaire modernisation de la filière.

Il est vrai que la période écoulée depuis la mise en place du 100 % Santé a été plus que riche pour notre profession et pour l'ensemble de l'audiologie. Et nombreux sont les défis qui nous attendent encore afin de garantir à nos patients le plus haut niveau d'exigence dans leur prise en charge et leur accompagnement dans le temps. La réingénierie de notre profession doit ainsi nous permettre de développer nos compétences et notre savoir-faire dans l'unique objectif de qualité et de service rendu comme l'exige toute pratique d'une profession de santé. Les mois qui viennent resteront denses et emplis d'opportunités afin d'adapter au mieux notre exercice à la fois aux défis politiques et démographiques qui se présentent devant nous. Jamais dans notre histoire la question de la prise en charge des troubles de l'audition n'avait été autant prise en considération par les pouvoirs publics. La pleine montée en puissance de la réforme du 100 % Santé il y a déjà plus d'un an, représente un succès sans précédent. Cette réforme place enfin la prise en charge de la surdité comme un enjeu majeur de santé publique. Qui plus est, elle prend largement en compte le bien-être des personnes malentendantes, répondant à leurs attentes à la fois en termes d'accès aux soins que de pouvoir d'achat en réduisant de manière drastique leur reste à charge ! Cette avancée que nous attendions de longue date, le Collège National d'Audioprothèse ne peut que s'en féliciter.

Pour clore ce dernier éditorial avant l'été, je me dois de souligner la sortie de l'excellent ouvrage proposé par Paul Avan, physicien et docteur en médecine, professeur émérite des universités de biophysique sensorielle, responsable du centre de recherche et d'innovation en audiologie humaine à l'Institut de l'Audition, centre de l'Institut Pasteur, à Paris. Son livre *Giuseppe Tartini et le troisième son - Des canaux ioniques d'une oreille optimisée au dépistage néonatal des surdités*, constitue pour vous, étudiants ou professionnels en exercice un des livres incontournables à emporter avec vous pendant vos congés ! Le Professeur Paul Avan y retrace la découverte du troisième son, entendu lorsqu'on joue deux sons ensemble et découvert par Giuseppe Tartini, un musicien incontournable du tournant entre la période baroque et classique et qui a documenté toute sa singularité. Ce troisième son, considéré par la suite comme intimement lié au mécanisme de l'audition qui ajuste sa sensibilité, étend sa dynamique d'intensité et optimise sa précision temporelle et met en lumière le formidable fonctionnement de la cochlée. La détection de ce troisième son dans le conduit auditif par Kemp en 1978 a conduit au dépistage auditif néonatal universel.

Cet ouvrage nous fait prendre conscience qu'il est fondamental de s'appuyer sur des réalités tangibles pour démontrer scientifiquement la complexité du système auditif. Dans le même temps, cela nous rappelle la nécessité de tendre vers toujours plus de rigueur vis-à-vis des informations que les tests audiométriques doivent nous fournir en toute maîtrise de l'art, avec un regard tant distancié qu'éclairé. Ce livre est tout simplement un voyage harmonique et anatomique passionnant !

Je vous souhaite à toutes et tous une excellente lecture de ce numéro des Cahiers de l'Audition et d'excellentes vacances d'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 240 centres en France, nombreuses acquisitions et ouvertures dont le «World of Hearing» concept innovant basé sur les expériences immersives et interactives.
- **Proche de ses audioprothésistes**
  formation continue, matériel de pointe, communauté d'experts.
- **Porche de ses clients**
  accompagnement personnalisé, qualité de service et gamme d'aides la plus complète du marché.

Envie de nous rejoindre ?

Contactez Alexandra Petit, DRH
Mail : alexandra.petit@sonova.com
Tel : 06 45 95 71 97

RENDEZ-VOUS SUR
www.auditionsante.fr

NOTRE PAGE LINKEDIN
https://fr.linkedin.com/company/auditionsante

ET NOTRE PAGE FACEBOOK
www.facebook.com/AuditionSanteFrance

Sonova Audiological Care France SAS, au capital social de 58 800 000€ -
RCS 423 228 915, 1134 Chemin du Bartassec 46000 CAHORS.

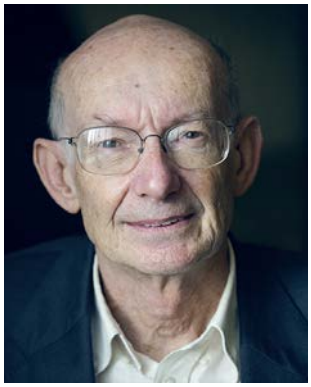
AuditionSanté
Laboratoire de correction auditive

EDITORIAL

PAR

Professeur Paul AVAN

Rédacteur en chef



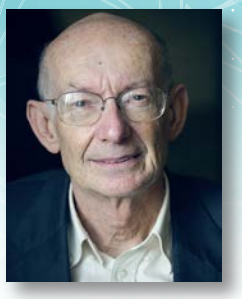
Avec entre autres la suite des dossiers inspirés par l'EPU 2021, ce numéro estival offre une mosaïque de thèmes d'une grande diversité. Peu propice à un éditorial synthétique a priori…

Pourtant la lecture sélective des articles permet de construire un scénario unitaire assez frappant. Certes les extraits ci-dessous sont donnés hors contexte, mais trouvés dans le chapeau ou la conclusion, ils représentent quand même un élément du message qu'a explicitement porté chaque auteur. Ainsi Paul Avan : " les distorsions perceptives résultantes posent des problèmes d'adaptation prothétique qui obligent l'audioprothésiste à des réglages affinés, qui n'obéissent pas aux règles habituelles. ", Fabrice Giraudet : il est question d' "… altérer la fonction auditive en association avec une « signature audiométrique ». Cependant, depuis quelques années une nouvelle entité physiopathologique est venue chambouler les classifications précédemment établies", et donc, ouvrir pour les audioprothésistes une nouvelle piste de raisonnement. Puis Christophe Micheyl souligne qu'il faut "… bien comprendre les contreparties perceptives de la compression dans les audioprothèses ; … l'audioprothésiste a un rôle essentiel ; d'interpréter les besoins et difficultés individuels des patients malentendants." Ce même rôle, Frank Lefèvre le voit tout aussi indispensable, car " il n'existe que peu de règles systématiques, l'acuité auditive de chaque patient étant unique… Seule une approche clinique finale, c'est-à-dire étudiant le ressenti du patient, permet d'être aussi précis. "

Hors dossier de l'EPU, mêmes impressions : le cas décrit par Natalie Loundon a exigé un suivi personnalisé basé sur le pragmatisme : "En cas de surdité bilatérale asymétrique, l'entrée dans le langage oral doit guider les adaptations prothétiques et par la suite, également l'indication d'implantation cochléaire si nécessaire." Et pour Morgan Potier : " l'éducation prothétique du patient est prépondérante dans la réussite d'un appareillage", notamment pour la solution un peu atypique qu'il préconise et justifie.

En conclusion, la filière d'audiologie et d'appareillage n'offre jamais le même challenge d'un patient à l'autre, un rêve pour ceux qui redoutent de sombrer dans une routine insipide. Simple prérequis, une modernisation nécessaire des professions de la filière, soulignée par l'IGAS dont le rapport est récapitulé par Arnaud Coez. Parmi les souhaits émis : " Renforcer l'attractivité de la pratique médicale de l'ORL " ! et ce que contient ce numéro montre que la pratique des filières de l'audition ne cesse de se transformer dans le sens d'un plus grand intérêt. Rationaliser cet intérêt et l'articuler avec la recherche de solutions authentiquement thérapeutiques, qui commence par celle des bons candidats, est le défi des années à venir.

TROUBLES DE LA SONIE ET DU TRAITEMENT TEMPOREL



Auteur
Paul AVAN
Université Clermont Auvergne, Institut de l'Audition, CERIAH, Paris

Les troubles de la sonie et du traitement temporel soulèvent un certain nombre de difficultés dans leur interprétation physiopathologique, et a fortiori dans leur prise en charge. En cas de surdité neurosensorielle, le premier réflexe est de rechercher les troubles de la sélectivité en fréquence et les difficultés d'écoute dans le bruit. Lorsque la sonie est perturbée, ou le traitement temporel, l'exploration est moins standardisée. Mais les distorsions perceptives résultantes posent des problèmes d'adaptation prothétique qui obligent l'audioprothésiste à des réglages affinés, qui n'obéissent pas aux règles habituelles. La marche à suivre est peu documentée et l'état des lieux lui-même n'est pas parfaitement clair faute de stratégie diagnostique bien validée.

On est tenté d'interpréter la sonie et ses distorsions, le recrutement et l'hyperacousie, en fonction de ce que nous apprennent les études de neurophysiologie quant au fonctionnement normal de la cochlée. Pour construire le percept de sonie, à partir d'une cochlée qui présente des résonances et une tonotopie précise, on prend en compte le fait que ces résonances ne sont pas linéaires, c'est-à-dire qu'à bas niveau, les sons sont amplifiés mais à niveau moyen puis élevé l'amplification diminue et la croissance des réponses des résonateurs cochléaires est donc compressée (figure 1). Ce travail est assuré par les cellules ciliées externes en bon état. Il est vrai que dans la plupart des presbyacousies, les cellules ciliées externes ne font plus ce travail de compression. Donc on se trouve avec une vibration de la membrane basilaire à l'endroit à résonance pour une fréquence test qui, au lieu d'être très ample dès les bas niveaux et ensuite, lentement variable lorsque le niveau augmente, présente une croissance raide qui

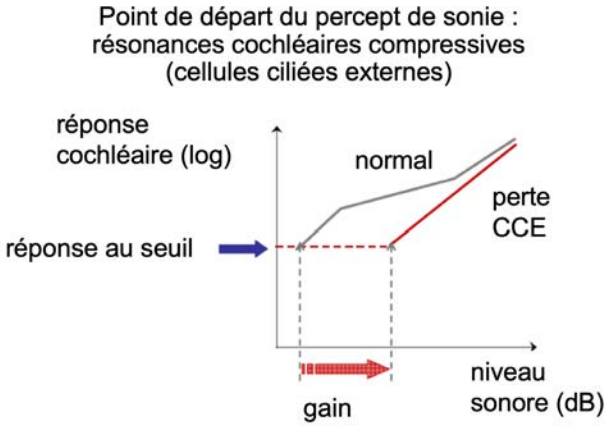


Figure 1

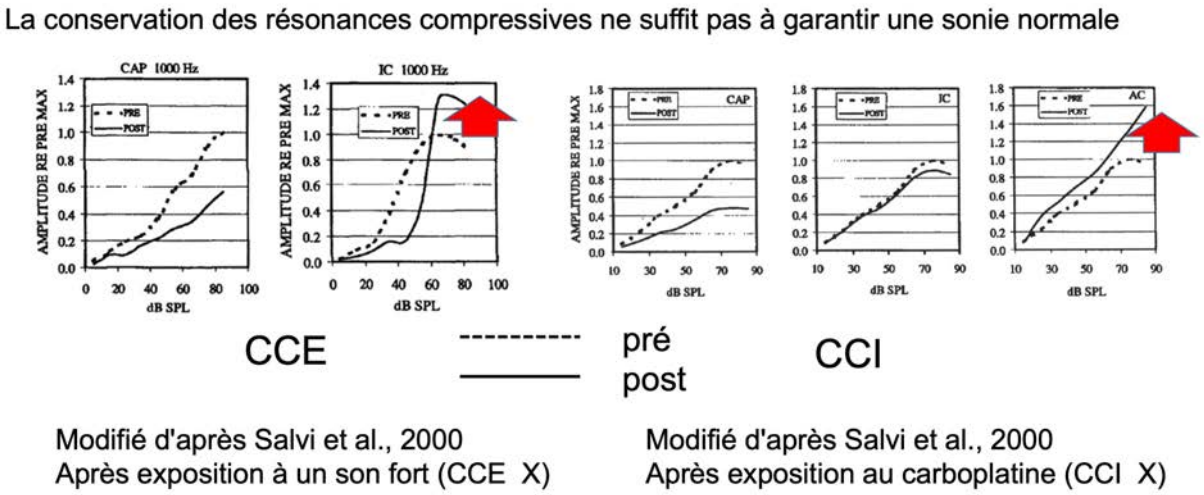


Figure 2

explique un inconfort avec ce contraste excessif dont on pense qu'il explique l'essentiel des distorsions de la sonie : dans cette situation, le recrutement de sonie. En fait la compression est relativement facile à restaurer avec les audioprothèses modernes qui permettent bande par bande d'appliquer une compression artificielle avec des caractéristiques temporelles quasi instantanées qui la rendent efficace.

Cependant, certaines études jettent le trouble, c'est-à-dire que la conservation des résonances compressives ne suffit pas à garantir une sonie normale (figure 2). Ça a été notamment très bien démontré par l'équipe de Salvi à Buffalo, qui utilise des médicaments pour créer des dégâts spécifiques à certains contingents de cellules périphériques, par exemple les cellules ciliées externes. Le résultat est classique, après exposition à un son fort, ça peut se vérifier chez l'animal au moyen de l'histologie, principalement les cellules ciliées externes sont détruites donc la compression cochléaire est perdue. De fait, quand on compare les réponses avant la lésion en pointillés et après la lésion en trait plein, évidemment il y a eu des pertes au niveau cochléaire donc l'amplitude de réponse est diminuée, mais ensuite au niveau central, comme le mésencéphale auditif, on a chez les animaux lésés une perte de compression qui se traduit par des réponses trop amples (figure 2 à gauche). On peut concevoir des troubles perceptifs qui vont entraîner chez l'homologue humain, un inconfort que l'audioprothésiste va devoir traiter. Le problème c'est que quand on traite sélectivement la cochlée par une substance ototoxique pour les cellules ciliées internes en conservant les externes (figure 2 à droite), on obtient à peu près la même chose, à savoir une réponse qui est diminuée sur le plan périphérique parce qu'il y a moins de connexions entre les cellules ciliées internes et les neurones, et une réponse augmentée un petit peu plus centralement que l'exemple précédent mais quand même, augmentée alors même que la compression cochléaire est persistante dans le cas d'une lésion due sélectivement au carboplatine et à la lésion des cellules ciliées internes.

Donc le concept de compression cochléaire ne suffit pas à garantir une sonie normale même si dans la majorité des cas l'explication marche empiriquement. Alors dans le codage de la sonie, on sait maintenant, l'accent y a été mis depuis quelques années, qu'il y a 3 sous-populations de neurones auditifs, les bas seuils, les moyens seuils et les hauts seuils (figure 3). Ces neurones ne partent pas du même endroit sous les cellules ciliées internes, leur anatomie est différente, on sait que leur profil de transcription protéique est également différent donc véritablement 3 sous-populations neuronales spécialisées. Elles se partagent harmonieusement la dynamique d'intensité du champ auditif entre 0 et 120 décibels SPL, à savoir que les fibres de bas seuils apportent de l'information sur la variation des niveaux bas puis à chaque fois qu'une population de neurone sature et n'apporte plus d'information, la suivante apporte l'information clé. On voit se greffer une complexité sur notre schéma, parce qu'il se peut qu'un profil neuropathique avec des lésions spécifiques de certaines sous-populations neuronales puisse coexister avec un mauvais codage de sonie, avec la difficulté supplémentaire que certaines de ces neuropathies sont cachées, c'est-à-dire qu'elles ne se traduisent pas sur le plan traditionnel audiométrique.

S'il y a neuropathie, on le sait depuis les travaux d'Arnold Starr et son équipe, il y a un mauvais codage temporel et on s'aperçoit que sonie et codage temporel pourraient avoir des points communs et d'ailleurs, il est connu que le codage de l'intensité chez certaines neuropathies est perturbé. Le schéma devient un peu plus compliqué que celui où on avait d'un côté la tonotopie, de l'autre le codage temporel et pas de lien entre les deux.

Autre problème : on ne peut pas prétendre, on le sait depuis un bon moment, que l'hyperacousie, une distorsion majeure de la sonie, ne provient que d'atteintes périphériques, car on sait que certains aspects centraux sont très influents. Un modèle que nous avons étudié au laboratoire avec Julie Duron, notre doctorante (figure 4) est que l'on peut induire des crises d'hyperacousie temporaire parfaitement réversible avec l'injection de salicylate à dose non toxique pour la cochlée, mais à dose capable de modifier le fonctionnement des circuits centraux, notamment les circuits sérotoninergiques et probablement, parce que le salicylate a un très large spectre d'action, d'autres circuits.

Les rats traités par ce médicament présentent pendant une durée de l'ordre de 2 heures, une hyper-réactivité aux sons

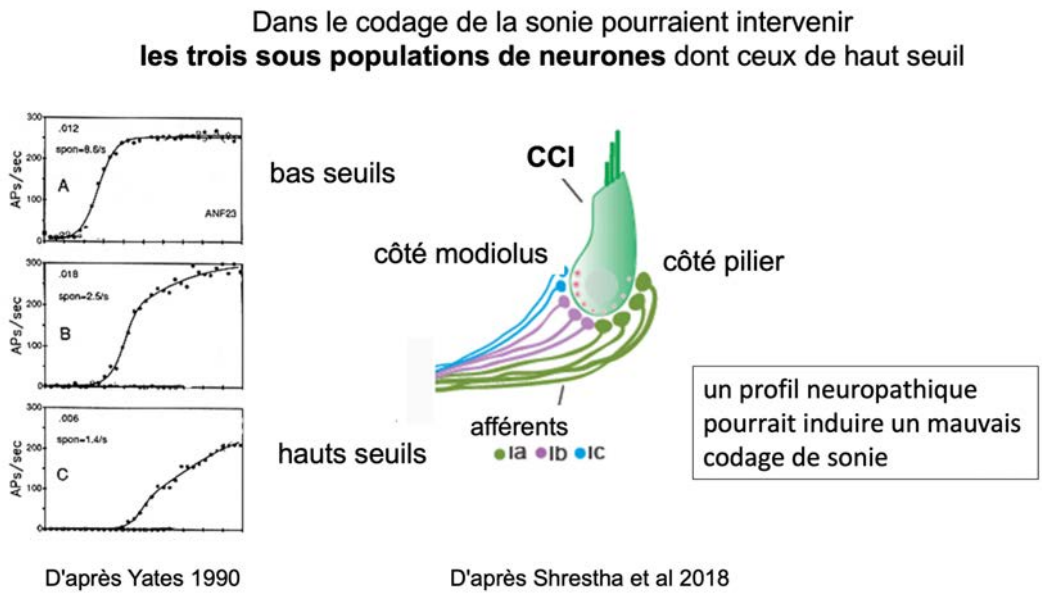


Figure 3

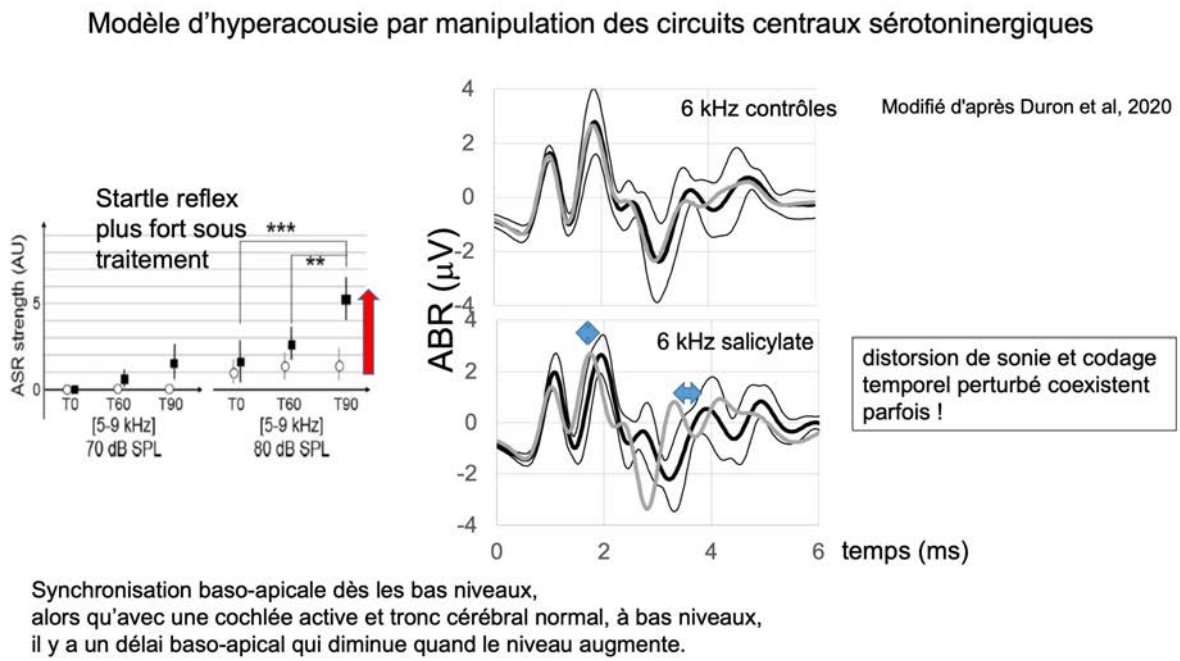


Figure 4

d'intensité modérée 70 à 80 décibels, qu'ils ne présentent pas à l'état basique mais qu'ils se mettent à présenter environ 1 heure à 90 minutes après l'injection d'une dose de salicylate, qui pour autant ne modifie pas leur seuil auditif. On s'aperçoit que les animaux sursautent même pour des sons de niveau parfaitement anodin comme 70 dB SPL (figure 4 gauche; pour l'être humain, ce niveau correspond à la parole modérément forte). Lorsque l'on effectue l'exploration à fond de l'audiologie de ces animaux, on s'aperçoit que la seule modification détectable provient de la structure temporelle des potentiels évoqués auditifs (figure 4 à droite).

Quand on utilise des sons brefs de 6 kHz pour tester l'apex de ces animaux, les contrôles sont les rats décrits par les tracés en noir, les traits fins délimitant la bande normative, moyenne +/- deux écarts-types. Ces animaux au départ ont un potentiel évoqué qui sert de référence et lorsqu'on leur injecte non pas du salicylate, mais du sérum physiologique, au bout de 90 minutes, leurs potentiels évoqués sont rigoureusement inchangés. Lorsque les animaux de même sexe, de même taille, etc. ont reçu du salicylate, les ondes des potentiels évoqués à la même fréquence présentent, pour celles postérieures à l'onde I, des latences raccourcies, de manière tout à fait étonnante et atypique. Très généralement les pathologies auditives donnent des allongements de latences, mais là, c'est un raccourcissement. Ce qui veut dire que pour des niveaux modérés, les réponses provenant de l'excitation de l'apex de la cochlée, comportent des ondes qui sont en avance, pas l'onde issue de la cochlée, mais les ondes du tronc cérébral qui sont clairement en avance par rapport à la normale.

Ceci rappelle qu'il existe des modèles de codage de la sonie, pas les plus utilisés certes, qui supposent qu'avec une cochlée active et un tronc cérébral normal, on observe nécessairement des délais substantiels (de quelques millisecondes chez l'homme) entre les réponses de la base et les réponses de l'apex à un son donné. Comment le délai peut-il contenir un indice du niveau ? si on envoie un son de 40 à 50 décibels les réponses de la base et les réponses de l'apex sont décalées dans le temps de quelques fractions de millisecondes très nettes, puis au fur et à mesure que le niveau augmente, ce délai se raccourcit. Si un ingénieur en informatique dispose des détecteurs de coïncidence entre les neurones basaux et les neurones apicaux, plus ils détectent de coïncidences pour un son donné, plus le niveau est élevé, l'assise d'un très bon indicateur de sonie. Le lien entre le comportement des animaux et la réponse du tronc cérébral après injection de salicylate, nous fait penser que c'est ce qui se passe : le salicylate introduit une synchronisation des afférences basales et des afférences apicales au niveau du noyau cochléaire et au-dessus, qui sont excessives dès les bas niveaux. Et si le cerveau se base sur ces indices pour quantifier la sonie, dès les bas niveaux, la sonie lui parait trop élevée en toute légitimité, sans que les circuits du codage ne rencontrent de dysfonctionnement. Un tel modèle nous place dans un domaine qui n'a rien à voir avec un quelconque aspect spectral si ce n'est la comparaison des chronométrages baso-apicaux au niveau du tronc cérébral, une analyse qui n'a pas grand-chose à voir avec la mécanique compressive à l'étage cochléaire.

> LE 100% SANTÉ VA OUVRIR L'ACCÈS À DES PATIENTS TRÈS DIFFÉRENTS, NON RETENUS COMME ÉLIGIBLES IL Y A PEU, ET POUR LESQUELS UNE EXPLORATION AUDITIVE BEAUCOUP PLUS INTÉRESSANTE EST À DÉVELOPPER À PARTIR DES MODÈLES PRÉCITÉS.

La synthèse de ces observations (figure 5) est que des conclusions peuvent être hâtives chez certains patients. Lorsque l'on s'interroge sur l'origine de distorsions Le 100% santé va ouvrir l'accès à des patients très différents, non retenus comme éligibles il y a peu, et pour lesquels une exploration auditive beaucoup plus intéressante est à développer à partir des modèles précités. sonie ou de traitement temporel, on a l'impression que ces distorsions peuvent avoir des origines extrêmement diverses et non corrélées. Dans la grande majorité des cas, l'explication réside dans la perte de compression associée aux lésions des cellules ciliées externes, mais dans d'autres cas, l'anomalie périphérique touche les cellules ciliées internes, et enfin, il y a des causes centrales qui peuvent être évidemment temporaires ou permanentes. De toute façon, le

En pratique ?

Attention aux conclusions hâtives,
les distorsions de sonie peuvent avoir
des origines diverses :

- CCE
- périphérie, mais pas CCE
- sources plus ou moins centrales
- tonotopie mais aussi aspects temporels fins

Les surdités cachées ne sont pas que neuropathiques

- certaines donnent des troubles du traitement temporel
- d'autres des troubles du traitement spectral

Pauvreté des outils d'exploration audiologique de base…
l'exploration liée à l'adaptation audioprothétique peut aboutir à identifier le véritable problème caché derrière un autre plus apparent.

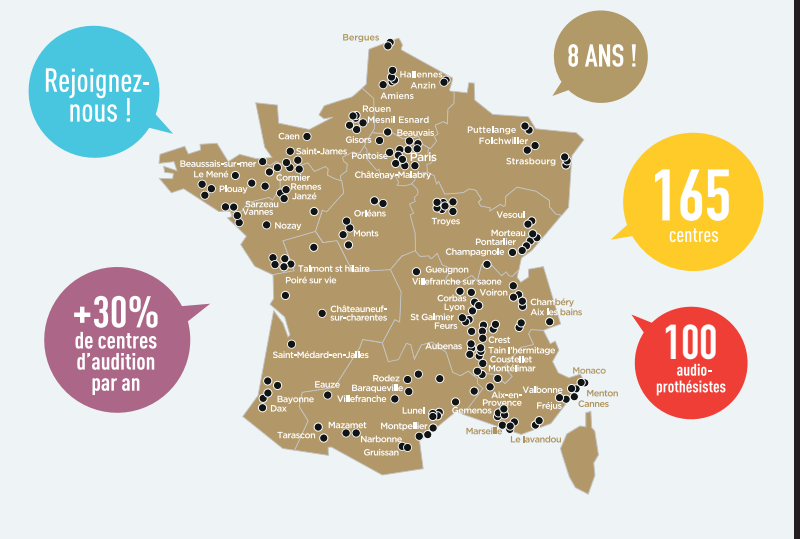
Figure 5

remède pragmatique aux distorsions de sonie est la compression, mais le réglage de cette compression et des bandes fréquentielles où elle s'applique va être sous la dépendance du travail de l'audioprothésiste, rendu difficile parce que les recettes classiques ne vont pas s'appliquer telles quelles.

Deuxième remarque : les surdités cachées ne sont pas que neuropathiques. On a vite tendance à céder à la mode et confondre dans un même cadre, surdité cachée, neuropathie cachée, synaptopathie cachée. Certaines surdités cachées, on le sait par des études chez l'animal, en neurophysiologie, donnent des troubles du traitement temporel, d'autres donnent des troubles du traitement spectral. Les premières appartiennent au spectre des neuropathies mais il existe des troubles du traitement spectral assimilables à des surdités cachées en ce que l'audiogramme tonal ne reflète pas fidèlement l'état histologique. Les outils d'explorations audiologiques actuels de base n'ont pas encore intégré les connaissances que les modèles animaux manipulés génétiquement et les modèles cliniques ont apportées pour enrichir l'exploration de base. Une exploration liée à l'adaptation audioprothétique bien conduite, pas à pas, avec évaluation des difficultés du patient pour s'adapter au gain qu'on lui aura apporté peut empiriquement aboutir à identifier le véritable problème de fond. Le 100% santé va ouvrir l'accès à des patients très différents, non retenus comme éligibles il y a peu, et pour lesquels une exploration auditive beaucoup plus intéressante est à développer à partir des modèles précités.

RÉFÉRENCES

- *Salvi RJ, Wang J, Ding D. Auditory plasticity and hyperactivity following cochlear damage. Hear Res. 2000 Sep;147(1-2):261-74.*
- *Yates GK, Winter IM, Robertson D. Basilar membrane nonlinearity determines auditory nerve rate-intensity functions and cochlear dynamic range. Hear Res. 1990 May;45(3):203-19.*
- *Shrestha BR, Chia C, Wu L, Kujawa SG, Liberman MC, Goodrich LV. Sensory Neuron Diversity in the Inner Ear Is Shaped by Activity. Cell. 2018 Aug 23;174(5):1229-1246.e17.*
- *Duron J, Monconduit L, Avan P. Auditory Brainstem Changes in Timing may Underlie Hyperacusis in a Salicylate-induced Acute Rat Model. Neuroscience. 2020 Feb 1;426:129-140.*



"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."

RÉSEAU D'AUDIOPROTHÉSISTES INDÉPENDANTS

sonance
AUDITION

ENTRE NOUS, IL Y A L'ÉCOUTE.

Slumberland photographies : Vincent Bourdon ©

VERS UNE MEILLEURE DÉTECTION D'UNE ATTEINTE NEURALE IMPLIQUÉE DANS UN TROUBLE SUBTIL DE LA SONIE : LES SURDITÉS CACHÉES.

Auteur
Fabrice GIRAUDET
Université Clermont Auvergne ; Laboratoire d'Expertise Auditive-Audika-Clermont Ferrand

Il est clairement établi que l'âge, l'exposition acoustique de loisir ou professionnelle, l'exposition à certaines molécules chimiques ou thérapeutiques, certains troubles vasculaires, peuvent altérer la fonction auditive en association avec une « signature audiométrique ». Cependant, depuis quelques années une nouvelle entité physio-pathologique est venue chambouler les classifications précédemment établies !

Le terme de « surdité cachée » (« hidden hearing loss » dans la littérature anglo-saxonne) semble avoir été utilisé pour la première fois en 2011 par R Schaette & D Mc Alpine. Dans leur article, les auteurs ont rapporté une diminution significative de l'amplitude de l'onde I des potentiels évoques auditifs précoces (PEAp) chez des patients souffrant d'acouphènes et présentant un audiogramme normal. Au passage, l'onde V des PEAp avait une morphologie normale. Selon les auteurs, il s'agit de la preuve fonctionnelle d'une altération périphérique associée à « réduction de la sortie cochléaire », sans signe audiométrique, donc qualifiée de « surdité cachée ».

Une constatation électrophysiologique identique, à savoir une diminution significative de l'onde I des PEAp, a également été retrouvé sur différents modèles animaux (souris, cobayes, macaques) exposés à des sur-expositions acoustiques. Comme classiquement retrouvés dans la thématique des traumatismes acoustiques, les pertes audiométriques induites « récupèrent » totalement. Cliniquement, ceci est classiquement décrit sous le terme de fatigue auditive ou traumatisme sonore aigu avec récupération spontanée (temporary threshold shift).

Par ailleurs, chez ces modèles animaux exposés, l'analyse histologique révèle une diminution du poids synaptique c'est-à-dire une réduction du nombre de synapses entre les cellules ciliées internes et les fibres afférentes auditives. L'examen des altérations histologiques précise que cette « synaptopathie » affecte de façon très spécifique une catégorie de fibres nerveuses auditives : les fibres à hauts seuils.

Pour reprendre quelques éléments d'anatomie et de physiologie, les cellules ciliées internes sont globalement en contact avec deux catégories de fibres nerveuses afférentes (fibres de type I dans certaines classifications). Les fibres peuvent être différenciées sur différentes caractéristiques histologiques : selon le côté (modiolaire ou pilaire) de leur contact synaptique au niveau du pôle basal des cellules ciliées internes, le diamètre des fibres (petit vs gros diamètre). Du point de vue des caractéristiques fonctionnelles, les fibres

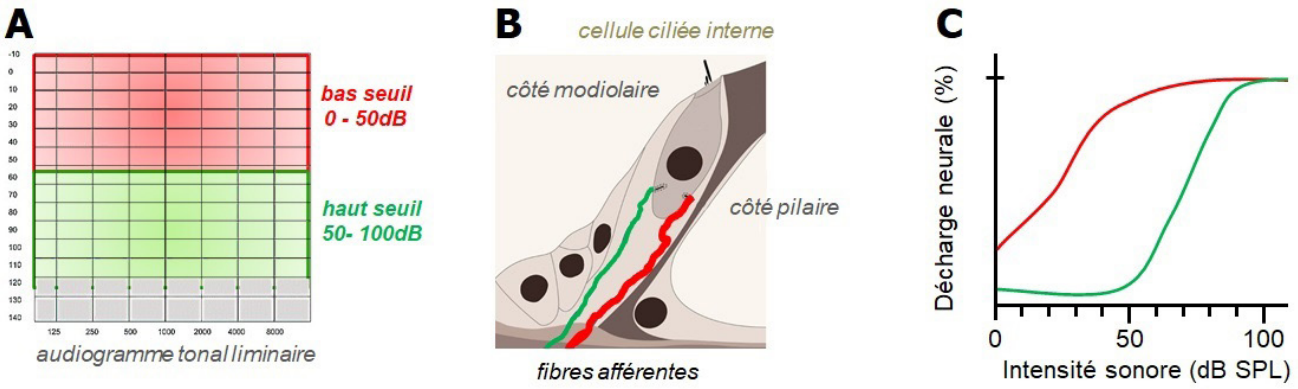


Figure 1 : Les catégories de fibres afférentes auditives selon A- leur plage d'intervention sur l'audiogramme, B- leur distribution histologique au niveau de la cellule ciliée interne, C- leur activité (décharge neurale) en fonction de l'intensité acoustique appliquée.

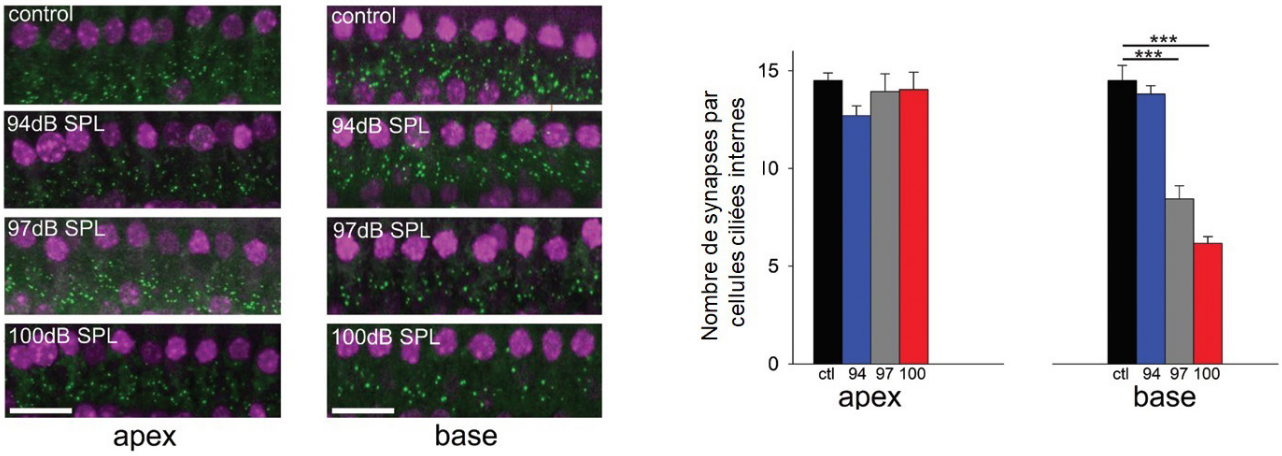


Figure 2 : Observations au microscope confocal et quantification des synapses de la région apicale et basale d'animaux non exposés ou exposés à une bande de bruit de 8-16kHz à 94, 97 ou 100dB SPL pendant 2h.
Les noyaux des cellules ciliées internes (CCI) sont colorés en violet, tandis que la partie pré-synaptique de la synapse est colorée en vert. L'analyse statistique révèle une diminution significative du nombre de synapses par CCI au niveau basale de chez les animaux exposés à 97 ou 100dB SPL (d'après Giraudet et al. 2021).

intervenant pour le codage des intensités entre 0 et 50dB sont dénommées fibres de bas seuils, et elles présentent un haut taux spontané de décharge. Pour la seconde catégorie, les fibres intervenants à partir de 50dB, elles sont couramment appelées fibres de haut-seuil et ont un bas taux spontané de décharge. L'ensemble de ces caractéristiques est schématiquement repris dans la Figure 1.

De façon étonnante, cette entité physio-pathologique avait été décrite (mais sans lui donner le nom de surdité cachée) dans des travaux pré-cliniques de l'équipe de Boston (Kujawa & Liberman 2009). Les auteurs avaient observé qu'une exposition acoustique (bande de bruit entre 8 et 16kHz de 100dB SPL pendant 2h) induisait sur un modèle de souris une perte auditive temporaire sur les fréquences aigues, qui était totalement récupérée deux semaines après le traumatisme sonore. Cependant, une diminution de l'amplitude (plus de 60%) de l'onde I avait été mise en évidence et ceci essentiellement pour les présentations acoustiques supérieures à 50dB, comparativement aux réponses observées chez les animaux non exposés. Cette modification électrophysiologique n'affectait donc que les réponses des fibres de haut seuil. Cette constatation électrophysiologique était également associée avec une diminution (de près de 50%) du nombre de synapses pour les régions cochléaires basales supérieures à 16kHz (borne supérieure du bruit traumatisant) (cf Figure 2). Ces données ont été répliquées chez le cobaye et le macaque (Lin et al. 2011 ; Valero et al. 2017).

D'après l'ensemble de ces récents travaux sur les surdités cachées et sur les données obtenues sur des modèles animaux, il apparait désormais que les synapses sont les structures cochléaires les plus fragiles vis-à-vis des traumatismes acoustiques, détrônant la notion de pertes des cellules ciliées.

L'analyse histologique -permettant de confirmer la notion de synaptopathie- ne peut être réalisée que chez l'animal. Il est donc indispensable de développer des tests objectifs cliniques permettant de révéler cette altération anatomo-fonctionnelle.

C'est dans cette optique que nous avons développé un test électrophysiologique simple à partir des enregistrements des PEAp, test validé sur un modèle murin, et en cours de normalisation auprès de volontaires normo-entendants.

En exposant des animaux à différentes conditions (bande de bruit entre 8 et 16kHz, d'une durée de 2h, de 94, 97 ou 100dB SPL) aucune modification des seuils audiométriques électrophysiologiques ou des produits de distorsions n'a été constatée (données non présentées). En examinant les réponses électrophysiologiques obtenues au niveau du site présentant une synaptopathie (région du 32kHz) et à distance de ce site (région du 16kHz), aucune modification de la latence de l'onde I des PEAp n'a été constatée (cf Figure 3, panneau B). Cette analyse de la latence est une donnée couramment utilisée en routine clinique, et ne se révèle donc pas utile pour mettre en

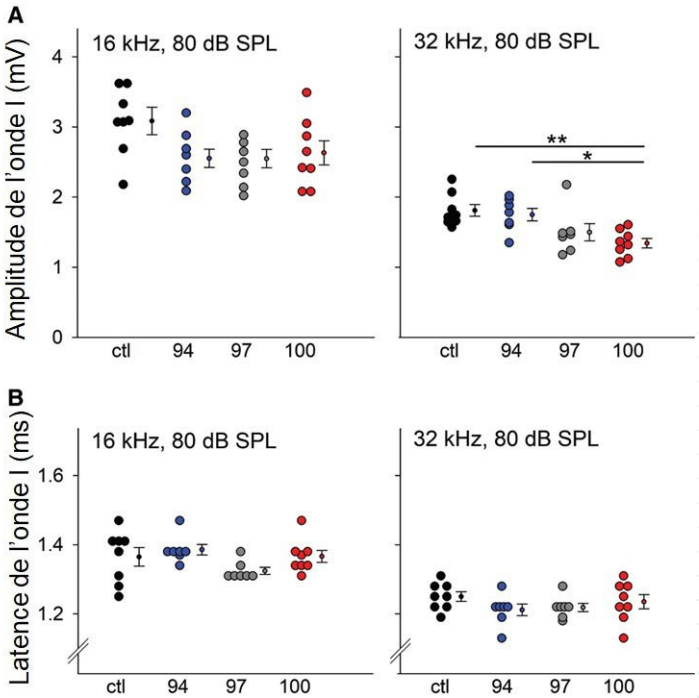


Figure 3 : Latence et amplitude de l'onde I des PEAp à 16 et 32kHz d'animaux non exposés ou exposés à une bande de bruit de 8-16kHz à 94, 97 ou 100dB SPL pendant 2h. (d'après Giraudet et al. 2021).

évidence une synaptopathie. L'étude de l'amplitude de l'onde I des PEAp ne montre également pas de différence significative à 16kHz, tandis qu'une diminution significative de l'amplitude de l'onde I est constatée pour les animaux exposés à 97 et 100dB SPL. Si cette diminution est statistiquement significative pour le groupe, en examinant de près les données, il est impossible de classer rigoureusement et de façon « binaire » les animaux au regard de leurs données individuelles.

Avec un protocole classique, la réalisation d'enregistrements de PEAp à 60dB conduit (chez un animal normo-entendant) au recrutement de toutes les fibres de bas seuil (Figure 4 - panel A- trace 1). Si de façon simultanée à la présentation acoustique évoquant ce PEAp à 60dB, un bruit blanc large bande est présenté de façon ispilatéral, celui-ci entrera en compétition avec la présentation acoustique (Figure 4 - panel A- trace 2). En augmentant progressivement l'intensité de ce bruit blanc, celui-ci conduira à un masquage complet se traduisant par une absence d'onde de PEAp identifiable (Figure 4 - panel A- trace 3). En maintenant ce niveau de masquage ipsilatéral mais en augmentant progressivement l'intensité de la présentation acoustique, il est alors possible de voir émerger des ondes de PEAp correspondant à l'activité propre des fibres de haut seuil (Figure 4 - panel A- traces 4 & 5). Le tracé 6 correspond à une stimulation à 80dB avec un protocole classique sans masquage ipsilatéral.

Si ce même protocole de masquage ipsilatéral est réalisé chez un animal ayant au préalable subi un traumatisme acoustique (récupéré) aucune onde en lien avec l'activité des fibres de haut seuil (Figure 4 - panel B- traces 4 & 5) ne réémerge. Ce test très simple dans sa réalisation permet ainsi de révéler la présence ou non de l'activité des fibres de haut seuil.

Il est donc désormais possible d'évaluer de façon très spécifique l'activité des fibres de bas seuil et l'activité des fibres de haut seuil, dans un contexte d'audition à seuils sub-normaux. Intégré dans un bilan audiologique complet (« cross-check principle », Hall 2016), ce protocole de masquage ipsilatéral trouvera aisément son utilité dans la documentation des troubles auditifs supra-liminaires, tels que les surdités cachées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Giraudet F, Labanca L, Souchal M, Avan P. Decreased Reemerging Auditory Brainstem Responses Under Ipsilateral Broadband Masking as a Marker of Noise-Induced Cochlear Synaptopathy. Ear Hear. 2021 Feb 19*
- *Hall JW 3rd. Crosscheck Principle in Pediatric Audiology Today: A 40-Year Perspective. J Audiol Otol. 2016 Sep;20(2):59-67*
- *Kujawa SG, Liberman MC. J. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after "temporary" noise-induced hearing loss. Neurosci. 2009 Nov 11;29(45):14077-85.*
- *H.W. Lin, A.C. Furman, S.G. Kujawa, M.C. Liberman. Primary neural degeneration in the Guinea pig cochlea after reversible noise-induced threshold shift. J. Assoc. Res. Otolaryngol., 12 (2011), pp. 605-616*
- *Schaette R, McAlpine D. J. Tinnitus with a normal audiogram: physiological evidence for hidden hearing loss and computational model. Neurosci. 2011 Sep 21;31(38):13452-7*
- *Valero MD, Burton JA, Hauser SN, Hackett TA, Ramachandran R, Liberman MC. Noise-induced cochlear synaptopathy in rhesus monkeys (Macaca mulatta). Hear Res. 2017 Sep;353:213-223.*

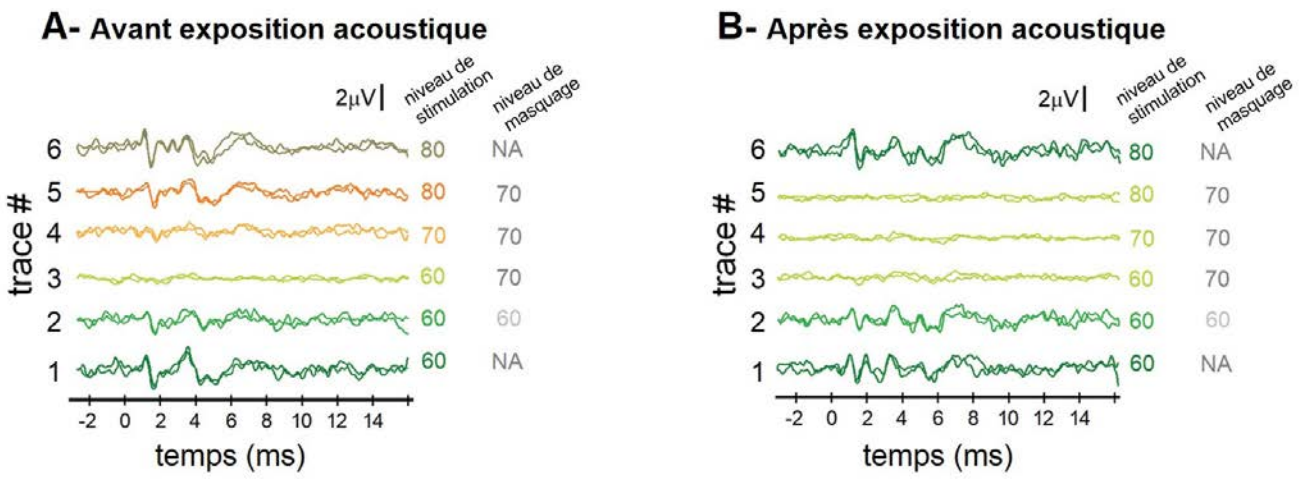


Figure 4 : Exemple de la procédure de masquage des potentiels évoqués auditifs (d'après Giraudet et al. 2021).
Panel A, tracés de PEAp obtenus chez un animal non encore exposée.
Panel B, tracés de PEAp obtenus chez un animal exposée à une bande de 8-16kHz pendant 2h à100 dB SPL.

COMPTEZ SUR
LIFEPROOF
REXTON

BICORE, À L'ÉPREUVE DU TEMPS

Disponible en 80 | 60 | 40

Faites confiance à notre dernière génération d'aides auditives la plus fiable et la plus robuste à ce jour.

- Résistance aux chutes
- Résistance aux UV
- Résistance à une exposition élevée à la chaleur et à l'humidité
- Résistance à la sueur
- Robustesse aux vibrations
- Résistance aux produits de soin et de beauté

Retrouvez-nous sur

www.rexton.com/fr-fr | **shop.biotone.fr**

REXTON

Bimodalité universelle MED-EL

Synchronisation temporelle

MED-EL propose une véritable synchronisation temporelle des processeurs SONNET 2 et RONDO 3 avec la prothèse auditive controlatérale, peu importe la marque ou le modèle. Il suffit simplement de renseigner le modèle et le type d'aide auditive dans le logiciel MAESTRO ainsi que le délai de traitement correspondant*.

Streaming direct dans les deux oreilles

Avec la technologie Dual Audio (double connexion Bluetooth), il est possible de diffuser du contenu audio dans la prothèse auditive et les processeurs SONNET/SONNET 2 simultanément. La synchronisation entre les deux offre une facilité d'utilisation et un confort d'écoute optimal.

hearLIFE

medel.com

Solutions bimodales MED-EL et streaming direct

Les implants cochléaires MED-EL sont fabriqués par MED-EL GmbH, Autriche. Il s'agit de dispositifs médicaux de classe DMIA inscrits à la LPPR. Ils portent le marquage CE (numéro de l'organisme notifié : 0123). Indications : surdités neurosensorielles bilatérales sévères à profondes, après échec ou inefficacité d'un appareillage acoustique conventionnel telles que décrites dans l'arrêté du 2 mars 2009 (JORF n°0055 du 6 mars 2009) et dans l'arrêté du 30 août 2012 (JORF n°0206 du 5 septembre 2012). Date de dernière modification : 06/2022. MED-EL, 400 avenue Roumanille, CS70062, 06902 Sophia Antipolis Cedex. Tel : +33 (0)4 83 88 06 00. * Plus de 160 modèles référencés. Liste des modèles compatibles accessibles depuis MAESTRO. La prothèse auditive n'est pas fabriquée par MED-EL. Copyright photo prothèse auditive : Signia.

r 10

ALTÉRATIONS DE LA SONIE DANS LES ATTEINTES COCHLÉAIRES ET LEUR REMÉDIATION AUDIO-PROTHÉTIQUE

Les pertes auditives d'origine neurosensorielle – plus spécifiquement, cochléaire – s'accompagnent systématiquement d'altérations de la perception de l'intensité sonore (Moore, 2012a; Renard, 1983).
Ces mêmes pertes peuvent également s'accompagner de changements dans la perception de deux aspects de la forme d'onde temporelle des sons : la structure temporelle fine et l'enveloppe temporelle (Lorenzi et al., 2006; Moore, 2012a).
Les aides auditives visent à restaurer, au moins partiellement, la perception de l'intensité sonore (Moore, 1990). Cependant, ce faisant, elles peuvent également introduire des altérations de la perception de l'enveloppe temporelle des sons (Kates, 2010).
L'objectif principal de cet article est de récapituler quelques notions fondamentales concernant les altérations de la perception de l'intensité et de l'enveloppe temporelle (variations d'intensités dans le temps) des sons en lien avec les dommages cochléaires, et l'influence des traitements du signal acoustique effectuées par les audioprothèses – notamment, la compression d'enveloppe multi-bande – sur ces perceptions.
Une bonne compréhension de ces phénomènes psychoacoustiques fournit une base utile pour guider la pratique, en particulier, l'ajustement des gains audioprothétiques et de la compression.

Auteur
Christophe MICHEYL
Chercheur Principal,
Starkey France

ALTÉRATIONS DE LA SONIE DANS LES ATTEINTES COCHLÉAIRES

'Sonie' est le terme technique consacré en psychoacoustique pour désigner l'intensité sonore perçue. L'intensité sonore est habituellement exprimée sous forme de niveau de pression sonore (en anglais, 'sound pressure level', ou SPL), en décibels. La sonie est traditionnellement quantifiée en 'sones' ou en 'phones'. Par définition, un son pur de 1000 Hz à 40 dB SPL possède une sonie de 40 phones, soit, 1 sone. Lorsque le niveau de pression de ce son pur augmente de 10 dB, passant de 40 à 50 dB SPL, sa sonie double, passant de 1 à 2 sones. Pour cette raison, l'échelle des sones est parfois préférée à celle des phones.

Les variations de la sonie en fonction de l'intensité du stimulus sonore et de sa fréquence, ont fait l'objet de nombreuses études. Pour les sons purs (fréquence unique), ces variations sont traditionnellement représentées par des courbes, dites 'contour iso-sonique', reliant les niveaux sonores (en dB SPL) correspondant à une sonie égale à travers les fréquences (Figure 1). Ces courbes sont tellement importantes, qu'elles ont fait l'objet d'abaques de référence et de standards internationaux (ISO, 2003) pour l'oreille normo-entendante (données représentées par des courbes en traits discontinus dans la Figure 1). Elles fournissent la base sur laquelle s'est fondée le développement des pondérations fréquentielles utilisées en sonométrie. C'est le cas, notamment, de la 'pondération A' des sonomètres, qui correspond approximativement au contour iso-sonique pour 40 phones (IEC, 2013), indiqué dans la Figure 1.

La courbe la plus basse, c'est-à-dire, le contour iso-sonique correspondant au plus faible niveau sonore détectable par l'oreille, définit la courbe de seuils absolus d'audition en fonction de la fréquence. Cette courbe diffère selon que l'intensité du stimulus est exprimée relativement à un 'champ libre' (on parle alors de 'champ audible minimum') ou au niveau du tympan (on parle alors de 'pression audible minimum'). Pour une oreille normo-entendante, la courbe de champ audible minimum (sensibilité maximale en champ libre) présente un minimum pour les fréquences d'environ 3000 Hz (voir courbe

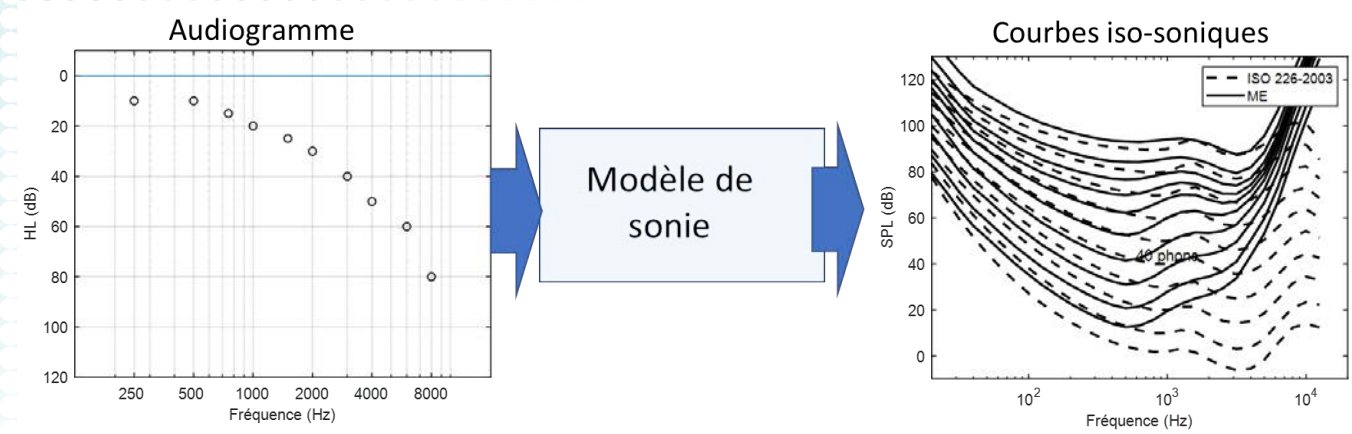


Figure 1. Illustration de la méthode utilisée pour prédire la sonie en fonction de la fréquence et du niveau sonore, à partir d'un audiogramme, au moyen d'un modèle mathématique de la sonie. Le panneau de gauche représente l'audiogramme utilisé pour cette simulation. Le panneau de gauche représente les courbes iso-soniques calculées par le modèle, pour ce même audiogramme (courbes en traits pleins), superposées sur les courbes iso-soniques normatives (norme ISO 226-2003) pour une oreille normo-entendante, testée en 'champ libre'.

en trait pointillée la plus basse dans la Figure 1). Cette même courbe croît fortement lorsque la fréquence du stimulus diminue en-dessous d'environ 250 Hz. Les contours iso-soniques tendent à s'aplatir au fur-et-à-mesure que le niveau sonore (et donc, la sonie) augmente. Aux niveaux sonores les plus élevés (90 phones), les contours iso-soniques sont presque plats.

Les pertes auditives se manifestent par une diminution de la sonie. Les courbes en traits pleins dans la Figure 1 illustrent les contours iso-soniques prédits (calculés) par un modèle mathématique, dit 'modèle de sonie' (Chen et al., 2011). Pour cet exemple, j'ai simulé un audiogramme présentant une perte en hautes fréquences, de type presbyacousique (panneau de gauche dans la Figure 1). Les données audiométriques sont utilisées pour estimer les pertes sous-jacentes de cellules ciliées internes et externes. Ces deux types de cellules influencent toutes les deux, bien que différemment, l'élévation des seuils absolus et la diminution de sonie ; en particulier, les cellules ciliées externes jouent un rôle crucial dans la sélectivité fréquentielle cochléaire, laquelle influence l'étendue du déplacement de la membrane basilaire produite par un son pur. A partir de ces estimations, le modèle permet de prédire (calculer) la sonie en fonction de la fréquence et de l'intensité sonore du stimulus, donc, également, les contours iso-soniques. Les prédictions (courbes en traits pleins dans le panneau de droite de la Figure 1) illustrent bien le fait que, dans la zone fréquentielle impactée par la perte, la sonie d'un son de faible niveau d'intensité est typiquement moindre pour le mal-entendant que pour un individu normo-entendant (comparer les courbes en traits pleins et les courbes en traits pointillés dans la Figure 1). En revanche, aux niveaux d'intensité plus élevés, et bien supérieurs au seuil d'audition (à la fréquence considérée), la sonie chez l'individu mal-entendant peut égaler, voire, dépasser, celle produite par un son de même fréquence et niveau de pression chez l'individu normo-entendant. Cet effet de 'rattrapage' est communément appelé 'recrutement de sonie'.

L'effet de recrutement de sonie est visible dans la Figure 1, mais plus clair encore dans la Figure 2. Dans le panneau de gauche de cette figure, j'ai représenté la 'fonction de sonie' à 4000 Hz, c'est-à-dire, la sonie (en phones) en fonction de l'intensité sonore (en dB SPL) pour l'oreille mal-entendante simulée prise pour exemple, et pour l'oreille normo-entendante standardisée (norme ISO). Pour faciliter la comparaison, l'intensité sonore

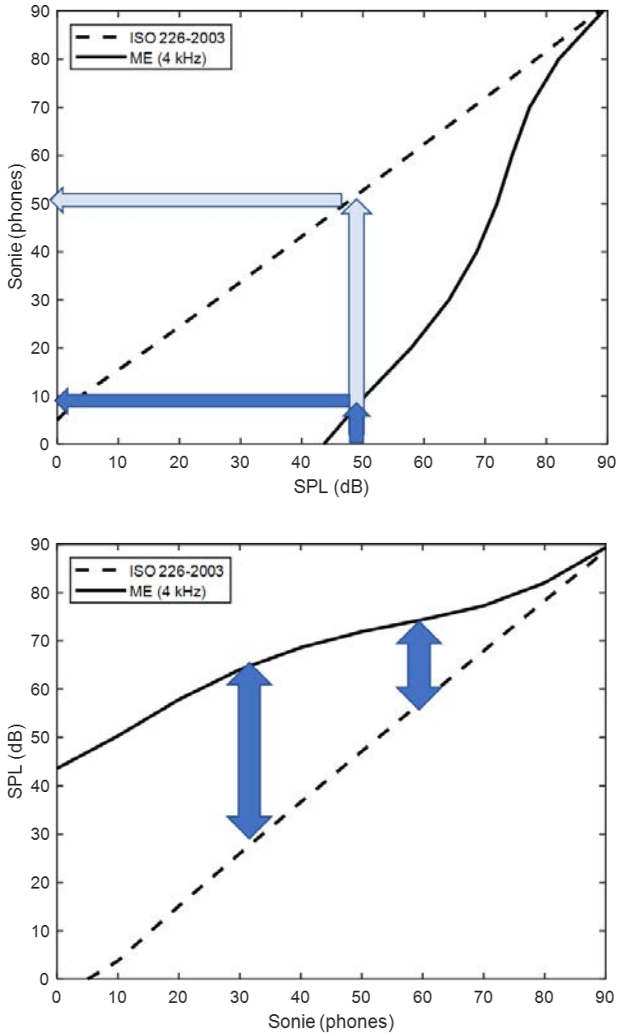


Figure 2. Sonie en fonction de l'intensité sonore (gauche) et intensité sonore en fonction de la sonie (droite) pour un son pur de 4000 Hz, pour l'oreille normo-entendante selon la norme ISO 226-2003 (ligne en trait pointillé), et pour l'oreille mal-entendante simulée (courbe en trait plein) caractérisée par l'audiogramme tonal représenté dans la Figure 1.

dans les simulations, comme dans la norme ISO, ont été exprimés en dB SPL pour une source frontale (0 degrés), à 1 m de l'auditeur, en 'champ libre'. On peut constater que le niveau de sonie prédit chez le mal-entendant (courbe en trait plein, flèches bleu foncé) pour un son de 50 dB SPL à 4000 Hz est d'environ 10 phones. Ceci est bien inférieur au niveau de sonie prédit pour un normo-entendant (norme ISO, courbe en trait pointillé, flèches bleu clair) : environ 50 phones. Soit, un déficit d'environ 40 phones.

En inversant l'abscisse et l'ordonnée du graphe de gauche, on obtient celui de droite, qui illustre plus directement et clairement, l'augmentation de l'intensité sonore requise pour produire le même niveau de sonie dans l'oreille mal-entendante que dans une oreille normo-entendante. A cet égard, il est important de noter que l'augmentation d'intensité sonore requise est plus élevée lorsque l'intensité de référence (chez le normo-entendant) est faible que lorsqu'elle est forte (comparer la taille des flèches bleues dans le panneau de droite).

COMPRESSION D'AMPLITUDE DANS LES AUDIOPROTHÈSES

Augmenter l'intensité sonore de façon décroissante en fonction du niveau sonore est, justement, ce que réalise la 'compression d'amplitude' dans les aides auditives. Par 'compression d'amplitude', parfois appelée (plus justement) 'compression d'enveloppe', on fait référence à un système de contrôle du gain acoustique, par lequel le gain diminue lorsque le niveau sonore du signal augmente. On parle également de 'contrôle adaptatif du gain' (en Anglais, 'adaptive gain control', AGC).

Dans les aides auditives modernes, utilisant des circuits digitaux, la variation du gain en fonction du niveau d'entrée peut être paramétrée et contrôlée précisément. En particulier, on peut définir un 'seuil d'enclenchement' de la compression (en Anglais, 'threshold of compression', parfois abrégé Tc ou Tk), c'est-à-dire, un niveau sonore à partir duquel le gain commence à diminuer au fur-et-à-mesure que le niveau sonore augmente. Habituellement, mais pas nécessairement, ce seuil d'enclenchement correspond au niveau dit 'léger' (soft) de la parole, soit 50 dB SPL. On parle parfois de T50, Tc50, ou Tk50. Il est important de réaliser que, dans ce contexte, 50 dB SPL est le niveau moyen (root mean square, RMS) du signal large-bande. Dans le cas d'un système de compression multi-bande, le niveau de ce même signal de parole, mesuré dans une bande fréquentielle correspondant à un seul canal de compression, est généralement inférieur au niveau large-bande ; le seuil d'enclenchement de la compression est ajusté en conséquence, de telle sorte que la compression s'enclenche lorsque le niveau du signal de référence (habituellement, un bruit à spectre de parole ou signal de parole standardisé) dans la bande fréquentielle considérée, atteint le niveau produit par le signal de référence réglé à 50 dB SPL.

De la même façon, on peut définir d'autres seuils de compression, correspondant à d'autres niveaux du signal incident (par exemple, 65 dB SPL et 80 dB SPL). En faisant varier la pente de la droite représentant le gain en fonction du niveau d'entrée, entre deux seuils de compression ainsi définis (par exemple, entre Tk50 et Tk60), on peut réaliser différentes 'caractéristiques de compression'. Le 'ratio de compression' (en Anglais, compression ratio, CR) est un paramètre utile, défini comme l'inverse de l'augmentation (en dB) du niveau de sortie, pour une augmentation de 1 dB du niveau d'entrée. Un ratio de compression de 2:1, par exemple, correspond à une augmentation du niveau de sortie de 0.5 dB pour une augmentation de 1 dB du niveau d'entrée.

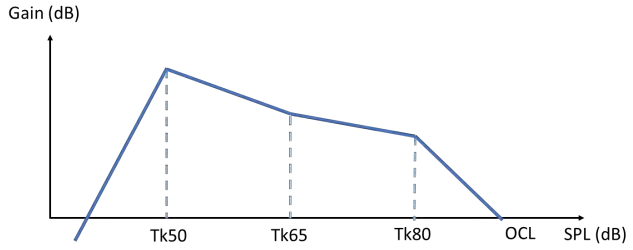


Figure 3. Illustration schématique de courbe caractéristique d'un système de compression d'amplitude dans une aide auditive. Les différents seuils de compression (Tk50, Tk65, Tk80) correspondent à différents niveaux d'entrée, au-delà desquels la compression s'enclenche, ou change. Ce schéma illustre également, en-dessous du seuil d'enclenchement de la compression (indiqué ici par l'abréviation, Tk50), l'effet d'expansion (augmentation du gain avec le niveau d'entrée), et l'OCL (output compression limiter). Ce dernier correspond à une compression très raide, voire, 'infinie' (écrêtage).

On distingue deux principaux types d'AGC, selon que l'AGC intervient avant ou après le contrôle de volume sur l'aide auditive : l'AGC en entrée (avant le contrôle de volume), et l'AGC en sortie (après le contrôle de volume) (Figure 4). Pour ce dernier, on parle également de compression contrôlée par le niveau de sortie, ou 'OCL' (Output Compression Limiter). La distinction entre les deux est importante car, dans le premier cas, l'enclenchement de la compression est indépendant du réglage de volume sur l'aide auditive ; il dépend uniquement du niveau d'intensité du signal d'entrée (panneau du haut dans la Figure 4). Dans le second cas (OCL), la compression dépend du niveau de sortie de l'AA, lequel est influencé par le réglage du contrôle de volume sur l'AA (panneau du bas dans la Figure 4).

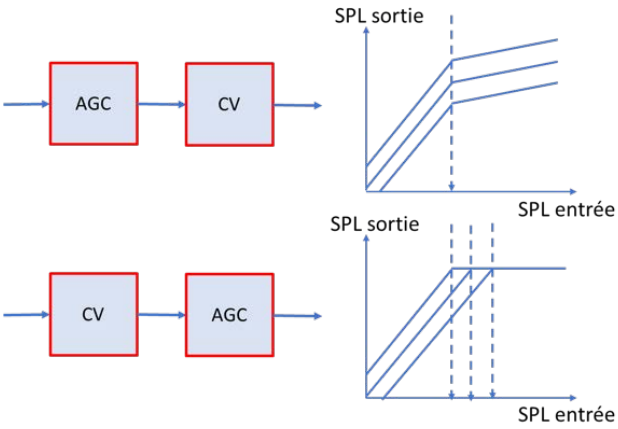


Figure 4. Illustration de deux formes de contrôle automatique du gain (compression) communément utilisées dans les aides auditives : compression en entrée (panneau du haut), et compression en sortie (panneau du bas). Les lignes pointillées indiquent le seuil d'enclenchement de la compression.

FORMULES DE PRÉ-RÉGLAGES DES GAINS

Les aides auditives digitales modernes utilisent des systèmes de compression multi-bandes. Le signal d'entrée est initialement décomposé en de multiples bandes fréquentielles, correspondant à différents 'canaux' de compression. La compression opère ensuite au sein de chaque canal, de façon plus ou moins indépendante. Par conséquent, le nombre total de paramètres de compression est au moins égal au nombre de

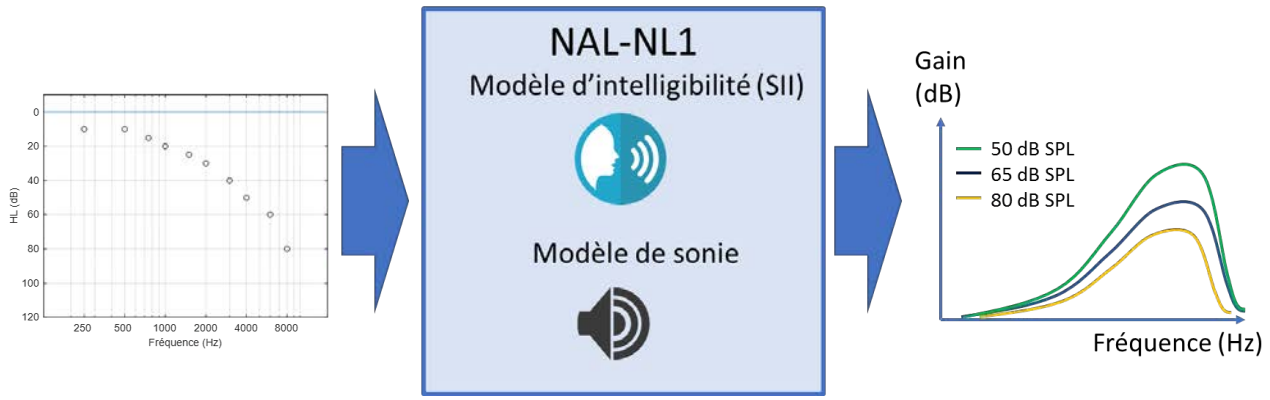


Figure 5. Représentation schématique de l'approche utilisée par les chercheurs du NAL pour élaborer la formule de pré-réglage NAL-NL1. Dans cette approche, deux modèles mathématiques sont utilisés pour prédire, pour un audiogramme donné, la sonie et le score d'intelligibilité de signaux de parole pour différents niveaux d'intensité sonore. Ces calculs sont réalisés pour différents réglages (simulés) des gains prothétiques. Le réglage conduisant au score d'intelligibilité prédit le plus élevé, et produisant une sonie de la parole n'excédant pas celle évoquée par le signal de parole (non-amplifié) dans une oreille normo-entendante, est sélectionné. Ce calcul est répété pour un grand nombre d'audiogrammes, représentant des pertes variées.

paramètres illustrés dans la Figure 3, multiplié par le nombre de canaux de compression.

C'est ce constat qui a motivé, entre autres, le développement de formules de pré-réglages, telles que, en France, la formule de pré-réglage de Xavier Renard. Aujourd'hui, les formules de pré-réglages les plus utilisées dans le monde incluent celles développées par le National Acoustics Laboratory (NAL) Australien, NAL-NL1 et NAL-NL2, et la formule DSL (Desired Sensation Level) élaborée par Seewald et collaborateurs depuis les années 1980 (https://www.dslio.com).

De façon schématique, les principales formules de pre-réglage audioprothétiques visent principalement l'un ou l'autre de deux objectifs majeurs. Le premier est objectif est de rétablir une sonie à peu près normale pour l'oreille mal-entendante pour la parole, au moins, pour les niveaux médians ; on parle de 'normalisation de la sonie'. Le second objectif est d'optimiser l'audibilité de la parole, de façon à en optimiser (on l'espère) également, l'intelligibilité ; on parle d'optimisation de l'intelligibilité. Différentes formules se distinguent par l'importance relative qu'elles accordent à ces deux objectifs. Ainsi, la formule DSL met l'accent sur la normalisation de sonie, tandis que les formules NAL-NL1 et NAL-NL2 visent un équilibre entre normalisation de sonie et optimisation de l'audibilité.

Ainsi, l'objectif explicite proposé par les chercheurs du NAL lorsqu'ils ont élaboré la formule de pré-réglage NAL-NL1 était de maximiser l'audibilité de la parole, tout en normalisant la sonie globale pour les niveaux supraliminaires médians – c'est-à-dire, faire en sorte que la sonie du signal de parole pour l'oreille mal-entendante, corresponde approximativement à celle ressentie par l'oreille normo-entendante (Byrne et al., 2001). Pour réaliser cet objectif de façon systématique et rigoureuse pour un vaste ensemble d'audiogrammes, les chercheurs du NAL ont utilisé un modèle mathématique combinant, en réalité, deux modèles : un modèle de sonie (différent de, mais similaire dans son principe général à, celui utilisé plus haut pour calculer les fonctions de sonie), et un modèle d'intelligibilité de la parole (Figure 5).

La formule NAL-NL1 a été révisée ultérieurement, notamment, afin d'améliorer les sensations de sonie pour ses utilisateurs. Les ajustements des gains qui ont été effectués lors de cette révision, motivés par les commentaires des utilisateurs de la formule NAL-NL1, étaient donc de nature empirique, plutôt que fondés sur les modèles. En particulier, les gains ont été abaissés, notamment, pour les fréquences élevées. La formule DSL a, elle aussi, fait l'objet de plusieurs révisions empiriques. La dernière version en date de cette formule est DSLio v5.0 (Scollie et al., 2005).

Il est intéressant de noter que les deux formules de pré-réglage les plus utilisées dans le monde, NAL-NL2 et DSLio v5.0, préconisent des gains cibles substantiellement différents. De façon schématique, la formule DSL prescrit des gains plus élevés dans les hautes fréquences, que la formule NAL-NL2. Ceci n'est pas entièrement surprenant puisque, comme indiqué ci-dessus, ces deux formules visent des objectifs différents, et ont été élaborées à partir d'approches différentes. Néanmoins, le fait que les deux formules qui ont fini par s'imposer par le nombre de leurs utilisateurs au niveau mondial, après avoir été ajustées empiriquement (sur la base de commentaires d'utilisateurs d'aides auditives), proposent des recommandations de gains prothétiques substantiellement différentes, pose question.

Une explication possible de cette observation, est que les formules de pré-réglage, telles que DSL et NAL-NL2, sont utilisées seulement comme point de départ pour les réglages. Les gains prothétiques sont ensuite ajustés par l'audioprothésiste en fonction des commentaires de chaque patient. De plus, les patients ont souvent la possibilité d'ajuster le volume de l'aide auditive. Ainsi, au niveau individuel, les réglages finaux ne correspondent que rarement, à ceux préconisés par la formule de pré-réglage. Cependant, plusieurs études indiquent que le choix des gains utilisés comme point de départ pour les réglages, peut influencer les réglages finaux choisis par les utilisateurs (Dreschler et al., 2008; Keidser et al., 2008; Mueller et al., 2008). Par exemple, les utilisateurs tendent à converger sur des ajustements de gains 6-8 dB plus bas lorsque le point de départ est 6 dB en-dessous, comparé à 6 dB au-dessus, de la formule (Mueller et al., 2008). Donc, dans le domaine de réglage des gains, comme en négociation, il semble exister un effet 'd'ancrage initial', de sorte que des gains de départ élevés tendent à favoriser l'acceptation initiale de gains plus élevés par l'utilisateur, qu'il/elle en aurait été prêt à accepter si les gains initiaux avaient été plus bas.

Il faut noter que ces effets de 'biais initial' lié aux pré-réglages, ont principalement été mesurés dans des études dans lesquelles les participants pouvaient ajuster eux-mêmes leurs réglages, au moyen d'une application de 'self-réglage'

WIDEX **CHARGE n CLEAN**
LA SOLUTION **3 EN 1**

RECHARGE :

Fonction charge rapide. La technologie de recharge par induction haute fréquence utilisée offre un rendement de charge plus élevé, permettant moins d'échauffement de la batterie et donc une plus grande efficacité et une durée de vie améliorée.

DÉSINFECTE

Elimine 99,99% des bactéries. Ce chargeur 3 en 1 intègre un système UV-C LED exploitant 6 LED aux propriétés germicides positionnées au plus près des aides auditives.

DÉSHUMIDIFIE

Technologie double ventilation. L'humidité est un facteur qui peut réduire la durée de vie des aides auditives. Ce chargeur intègre un système de séchage basé sur la technologie double ventilation et un dispositif de chauffage à température contrôlée exclusif.

Les appareils auditifs de la marque WIDEX sont indiqués pour la correction de pertes auditives légères, moyennes, sévères et profondes. Nous vous invitons à lire attentivement le manuel d'utilisation. En cas de doute, demandez conseil à un spécialiste. Ce dispositif médical est un produit de santé réglementé qui porte, au titre de cette réglementation, le marquage CE. Avril 2022 RCS Evry 967201146. FR 61967201146

(self-fitting) sur smartphone. Les études concernant le 'self-réglage' fournissent également des informations concernant les préférences individuelles des utilisateurs, notamment, par rapport aux pré-réglages des gains dans les basses et hautes fréquences. Par exemple, les résultats d'une étude chez des participants ayant des pertes en hautes fréquences de type presbyacousie, utilisant une application de self-réglage sur smartphone, ont révélé qu'environ deux tiers des participants (soit 41 participants sur 60), réglés initialement avec la formule NAL-NL2, ont diminué les gains dans les hautes fréquences (> 1.5 kHz) et les ont augmentés dans les fréquences basses (<= 1.5 kHz) (Nelson et al., 2018). Néanmoins, il est important de noter qu'une forte variabilité inter-individuelle a été observée : environ un tiers des participants dans l'étude ont préféré des gains plus élevés que ceux prescrits initialement par la formule NAL-NL2, dans les hautes fréquences. De façon surprenante, cette variabilité semble n'être que faiblement influencée par l'expérience antérieure avec l'amplification : même si les utilisateurs d'aides auditives depuis 2 ans ou plus ont tendance à accepter des gains plus élevés, notamment en hautes fréquences, l'association statistique entre expérience antérieure et préférences de gains est ténue (Perry et al., 2019).

Etant donné que NAL-NL2 est fondée sur NAL-NL1, laquelle a pour l'un de ses deux objectifs principaux d'optimiser l'intelligibilité de la parole, on peut s'attendre à ce que des réglages de gains inférieurs à ceux préconisés par ces formules conduisent à des performances d'intelligibilité de la parole amoindries. Ceci est confirmé par les résultats des études, qui indiquent que les scores d'intelligibilité de certains des utilisateurs ayant choisi des gains inférieurs à NAL-NL2, sont inférieurs à ceux obtenus avec les gains réglés comme recommandé par la formule (Nelson et al., 2018).

Il est important de noter que les formules de pré-réglage des gains prescrivent en général les gains d'insertion au tympan. Or, d'une oreille à l'autre, les gains (prédits) affichés à l'écran par le logiciel de réglage des audioprothèses, peuvent être plus ou moins proches des gains cibles prescrits par la formule de pré-réglage. Les données de diverses études montrent qu'en l'absence de vérification des réglages au moyen de mesures acoustiques in-vivo, les gains réalisés au tympan peuvent être substantiellement inférieurs aux gains cibles recommandés par les formules de pré-réglage telles que la formule NAL-NL2 (Valente et al., 2018). Ceci peut occasionner des déficits d'intelligibilité de la parole pour l'utilisateur, allant de 5 à 15 points de pourcentage, en moyenne, selon l'intensité du signal de parole (Valente et al., 2018). De tels 'manques à gagner' en intelligibilité pour les patients sont bien évidemment regrettables, surtout, lorsque l'utilisation de gains plus élevés n'entraîne pas d'inconfort de sonie.

CONTRE-PARTIES DE LA COMPRESSION D'AMPLITUDE : ALTÉRATIONS DE L'ENVELOPPE TEMPORELLE DES SONS

Si la compression d'amplitude permet d'adapter la large plage d'intensité (ou 'dynamique') des sons naturels (environ 120 dB) à la dynamique réduite de l'oreille mal-entendante (pour exemples, voir, les Figures 1 et 2), elle n'est pas sans contrepartie.

Pour bien comprendre les contreparties perceptives de la compression dans les audioprothèses, il faut avoir à l'esprit que celle-ci opère sur l'enveloppe temporelle du signal sonore. L'enveloppe temporelle correspond aux variations relativement lentes d'intensité du signal, typiquement, de l'ordre de quelques Hz à quelques dizaines de Hz (Figure 6, gauche). On la distingue des variations plus rapides (de quelques centaines à quelques milliers de Hz) de l'onde sonore, lesquelles correspondent à ce que l'on appelle la 'structure temporelle fine' (Figure 6, gauche). La compression ne s'applique pas à cette dernière (sans quoi elle occasionnerait des distorsions harmoniques du signal), mais à la première.

Premièrement, en 'écrasant' les variations d'amplitude lentes du signal sonore, la compression altère l'enveloppe temporelle de ces signaux (Figure 6, droite). Plus spécifiquement, la compression réduit l'amplitude relative des sons forts par rapport aux sons plus faibles ou, de façon équivalente, elle 'réhausse' les sons faibles, par rapport aux sons forts. De telles altérations de l'enveloppe peuvent être perçues par l'utilisateur,

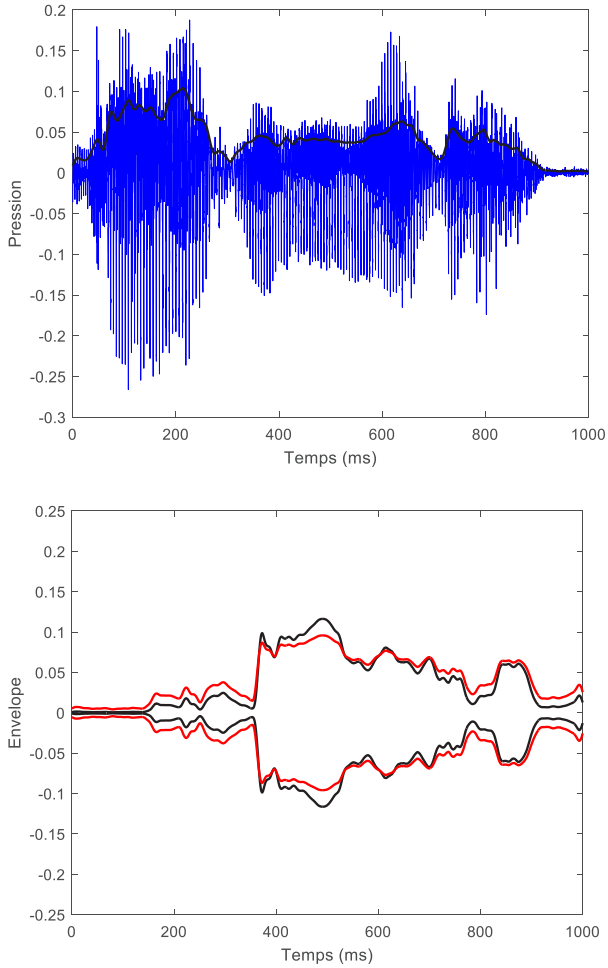


Figure 6. Panneau de gauche. Forme d'onde temporelle d'un signal sonore de parole, illustrant l'enveloppe temporelle (courbe noire). Panneau de droite : illustration de l'effet de la compression sur l'enveloppe temporelle du même signal. Courbe noire : enveloppe temporelle avant application de la compression large-bande. Courbe rouge : enveloppe temporelle après application d'une compression large bande. Dans cet exemple fictif, le gain appliqué est nul, de sorte que la valeur moyenne efficace (RMS) de l'enveloppe est la même, avant et après compression. Ceci ne correspond bien évidemment pas à la situation habituelle en audioprothèse (dans laquelle un gain non-nul est généralement appliqué au signal de façon à en augmenter l'audibilité), mais permet d'illustrer plus clairement les changements d'amplitude relatives de différentes parties de l'enveloppe temporelle, sous l'effet de la compression.

et contribuer à une impression subjective de qualité sonore dégradée, notamment, pour la musique (Madsen and Moore, 2014). Plus important encore, l'atténuation de l'amplitude des pics d'enveloppe peut, dans certains cas, impacter la perception des consonnes (Davies-Venn et al., 2009).

Un second type de conséquences perceptives de la compression dans les audioprothèses digitales modernes est lié au fait que celles-ci décomposent le signal en plusieurs (typiquement, au moins 12) bandes fréquentielles ou 'canaux', avant d'appliquer la compression. Lorsque cette dernière est appliquée indépendamment au sein de chaque bande (ou canal), elle peut altérer les co-modulations entre les signaux dans les différentes bandes – de sorte que les enveloppes des signaux en sortie des différents canaux de l'aide auditive sont plus ou moins corrélées les unes aux autres, que les enveloppes des signaux d'entrée correspondants. Or, les résultats de plusieurs études psychoacoustiques indiquent que les co-modulations d'enveloppe fournissent un indice important au système auditif, aidant celui-ci à grouper les signaux émanant de différents canaux cochléaires qui correspondent à un même son (par exemple, la voix d'un locuteur), et à séparer les signaux cochléaires correspondant à des sons distincts (par exemple, les voix de deux locuteurs différents s'exprimant simultanément). Pour le dire simplement, la compression multi-bande réalisée dans les aides auditives peut, dans certaines situations, augmenter les co-modulations entre canaux fréquentiels, et ce faisant, rendre plus difficile la séparation par le cerveau auditif, de sons émanant de sources sonores concurrentes (Stone and Moore, 2008).

Donc, même si les dommages cochléaire n'impactent pas toujours de façon négative la perception des modulations correspondant à l'enveloppe temporelle des signaux sonores, les audioprothèses, appliquant simultanément des compressions multi-bandes dans de nombreux canaux, peuvent altérer non seulement l'enveloppe temporelle au sein de chaque canal, mais aussi, les relations entre les enveloppes temporelles véhiculées par les différents canaux. La compression multi-bande est donc un instrument à manier avec prudence : régler systématiquement les ratios de compression à leur maximum n'est probablement pas la meilleure stratégie de réglage. Les études psychoacoustiques indiquent que les préférences des mal-entendants concernant les ratios de compression effectifs diffèrent d'un individu à l'autre, et que ces variations ne sont pas aisément prévisibles sur la seule base de l'audiogramme tonal (Moore, 2012b; Moore and Sęk, 2016). Il semble donc important d'ajuster individuellement, non seulement les gains prothétiques globaux, mais aussi, les taux de compression appliqués sur base des préférences et, si possible, des performances perceptives mesurées dans le silence et en présence de bruit de fond de type 'cocktail party' contenant au moins un locuteur concurrent (variations d'enveloppe concurrentes).

CONCLUSION : RÔLE DE L'AUDIOPROTHÉSISTE

Les données des études présentées ci-dessus, soulignent l'importance de l'audioprothésiste, dont le rôle est d'assurer une bonne réhabilitation de l'audition. Mêmes si, en théorie, les formules de pré-réglages des gains fournissent un compromis désirable entre confort de sonie et performances d'intelligibilité de la parole pour la majorité des utilisateurs, en pratique, les utilisateurs d'aides auditives, surtout peu expérimentés, peuvent avoir du mal à tolérer les gains élevés en hautes fréquences. Ceci a conduit les fabricants d'aides à proposer des formules de pré-réglages moins 'agressives' dans les hautes fréquences. Une contrepartie potentielle du plus grand confort de sonie fourni, notamment dans les environnements bruyants, par les moindres gains, est une intelligibilité de la parole amoindrie.

Dans ce contexte, l'audioprothésiste a un rôle essentiel. En tant qu'accompagnant et expert de la réhabilitation, il/elle peut aider les utilisateurs d'aides auditives à atteindre pleinement les objectifs fixés pour la réhabilitation audio-prothétique. Parmi ces objectifs, une compréhension améliorée de la parole reste un critère important de succès de l'adaptation audioprothétique, au-delà du simple confort de sonie. Dans ce domaine, comme dans d'autres (régimes alimentaires, thérapies psychologiques, …), le soutien et le suivi par un expert, capable d'interpréter les besoins et difficultés individuels des patients mal-entendants, conservent à ce jour une place fondamentale.

RÉFÉRENCES

- *Byrne, D., Dillon, H., Ching, T., Katsch, R., and Keidser, G. (2001). NAL-NL1 procedure for fitting nonlinear hearing aids: Characteristics and comparisons with other procedures. J.-Am. Acad. Audiol. 12, 37–51.*
- *Chen, Z., Hu, G., Glasberg, B.R., and Moore, B.C.J. (2011). A new model for calculating auditory excitation patterns and loudness for cases of cochlear hearing loss. Hear. Res. 282, 69–80.*
- *Davies-Venn, E., Souza, P., Brennan, M., and Stecker, G.C. (2009). Effects of audibility and multichannel wide dynamic range compression on consonant recognition for listeners with severe hearing loss. Ear Hear. 30, 494–504.*
- *Dreschler, W.A., Keidser, G., Convery, E., and Dillon, H. (2008). Client-based adjustments of hearing aid gain: the effect of different control configurations. Ear Hear. 29, 214–227.*
- *IEC (2013). IEC 61672-1:2013.*
- *ISO (2003). ISO 226:2003 Normal equal-loudness-level contours.*
- *Kates, J.M. (2010). Understanding compression: Modeling the effects of dynamic-range compression in hearing aids. Int. J. Audiol. 49, 395–409.*
- *Keidser, G., Dillon, H., and Convery, E. (2008). The effect of the base line response on self-adjustments of hearing aid gain. J. Acoust. Soc. Am. 124, 1668–1681.*
- *Lorenzi, C., Gilbert, G., Carn, H., Garnier, S., and Moore, B.C.J. (2006). Speech perception problems of the hearing impaired reflect inability to use temporal fine structure. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 103, 18866–18869.*
- *Madsen, S.M.K., and Moore, B.C.J. (2014). Music and hearing aids. Trends Hear. 18, 2331216514558271.*
- *Moore, B.C.J. (1990). How much do we gain by gain control in hearing aids? Acta Oto-Laryngol. Suppl. 469, 250–256.*
- *Moore, B.C.J. (2012a). An Introduction to the Psychology of Hearing (BRILL).*
- *Moore, B.C.J. (2012b). Effects of bandwidth, compression speed, and gain at high frequencies on preferences for amplified music. Trends Amplif. 16, 159–172.*
- *Moore, B.C.J., and Sęk, A. (2016). Preferred Compression Speed for Speech and Music and Its Relationship to Sensitivity to Temporal Fine Structure. Trends Hear. 20, 2331216516640486.*
- *Mueller, H.G., Hornsby, B.W.Y., and Weber, J.E. (2008). Using trainable hearing aids to examine real-world preferred gain. J. Am. Acad. Audiol. 19, 758–773.*
- *Nelson, P.B., Perry, T.T., Gregan, M., and VanTasell, D. (2018). Self-Adjusted Amplification Parameters Produce Large Between-Subject Variability and Preserve Speech Intelligibility. Trends Hear. 22, 2331216518798264.*
- *Perry, T.T., Nelson, P.B., and Van Tasell, D.J. (2019). Listener Factors Explain Little Variability in Self-Adjusted Hearing Aid Gain. Trends Hear. 23, 2331216519837124.*
- *Renard, X. (1983). Livre: La Méthode du pré-réglage pour le choix de l'appareillage auditif.*
- *Scollie, S., Seewald, R., Cornelisse, L., Moodie, S., Bagatto, M., Laurnagaray, D., Beaulac, S., and Pumford, J. (2005). The Desired Sensation Level multistage input/output algorithm. Trends Amplif. 9, 159–197.*
- *Stone, M.A., and Moore, B.C.J. (2008). Effects of spectro-temporal modulation changes produced by multi-channel compression on intelligibility in a competing-speech task. J. Acoust. Soc. Am. 123, 1063–1076.*
- *Valente, M., Oeding, K., Brockmeyer, A., Smith, S., and Kallogjeri, D. (2018). Differences in Word and Phoneme Recognition in Quiet, Sentence Recognition in Noise, and Subjective Outcomes between Manufacturer First-Fit and Hearing Aids Programmed to NAL-NL2 Using Real-Ear Measures. J. Am. Acad. Audiol. 29, 706–721.*

Mai 2022. Dispositif médical de classe IIa, remboursé par les organismes d'assurance maladie.
Nous vous invitons à lire attentivement le manuel d'utilisation. Fabricant : GN Hearing SAS. RCS 509689915. FR 72509689915

ACUITÉ TEMPORELLE, ACUITÉ FRÉQUENTIELLE, CONFUSIONS PHONÉTIQUES ET CORRECTION AUDITIVE

La surdité neurosensorielle engendre différents impacts sur l'acuité auditive, provoquant des confusions phonétiques soit par stimulation insuffisamment supraliminaire, soit par désordres cochléaires, soit les deux à la fois.

En premier lieu, il y a une diminution de la quantité des sons perçus, à savoir les sons faibles, associée ou non à une tendance hyperacousique qui réduit d'autant le champ dynamique auditif. Les moyens de le mesurer sont bien connus : l'audiogramme tonal liminaire, les seuils subjectifs de confort ou d'inconfort tonals.

Le deuxième impact est l'altération de la qualité d'audition. Ce sont les désordres cochléaires et/ou de la conduction neuronale qui dégradent la sélectivité fréquentielle, et par conséquence la perception de la structure fine. L'exemple de certaines surdités moyennes rentrant dans une indication d'implantation cochléaire l'illustre : bien que la perte tonale soit peu importante, la clarté est plus ou moins détruite, engendrant une « bouillie auditive » qu'aucune correction acoustique ne pourra véritablement éclaircir.

Auteur
Frank LEFÈVRE
Audioprothésiste D.E.,
Rennes PHD

INTRODUCTION

Comment mesurer cette dégradation de la clarté auditive ? Il existe des tests spécifiques tels que la mesure psychoacoustique des courbes d'accord, mais leur utilisation perçue comme chronophage est peu répandue en routine chez les audioprothésistes. Le moyen le plus simple, le plus rapide et le plus connu est d'utiliser un test vocal sensible et répétable (reproductible), de préférence un test comptant la proportion de phonèmes reconnus, dans le silence et dans le bruit. C'est d'ailleurs une obligation légale que doit assumer l'audioprothésiste pour mesurer le bénéfice audioprothétique chez ses patients, et pour surveiller la dégradation de leur audition dans le temps. Par ailleurs, il est fréquent de voir des patients se plaindre en contrôle annuel d'une augmentation de leurs difficultés de compréhension alors que leur audiogramme tonal est stable : les mesures vocales peuvent alors montrer une dégradation des scores, parfois importante.

Il est donc primordial pour l'audioprothésiste de mesurer chez les patients non seulement la quantité mais aussi la qualité d'audition avec un test vocal précis en conditions largement supraliminaires. Sans avoir besoin de faire d'analyse phonétique, les taux de phonèmes reconnus permettent de mesurer la dégradation globale de la clarté auditive. Cela contribue d'une part au pronostic de réhabilitation, d'autre part au suivi du patient au fil des années pour savoir proposer un renouvellement avec un résultat supérieur ou orienter vers une indication d'implantation cochléaire, l'audioprothésiste devant en être l'un des principaux prescripteurs sinon le principal.

Xavier RENARD était captivé par tant de domaines et, entre autres, par la Phonétique. Le beau chapitre qu'il avait rédigé dans le Précis d'Audioprothèse intitulé « Production, phonétique acoustique et perception de la parole » en témoigne, avec de nombreuses illustrations uniques d'analyses spectrales des sons de parole.

Lorsque l'on s'intéresse à l'analyse de la nature des confusions commises par les patients en conditions largement supraliminaires, il est possible d'en extrapoler deux types imbriqués de dégradation, celle concernant l'acuité fréquentielle (perception de la structure fine) et celle concernant l'acuité temporelle (perception des fluctuations lentes d'amplitude) comme le montre la figure 1. L'objet de cet article est d'exposer les principes d'une telle analyse et ses suggestions en matière de réglages de correction auditive.

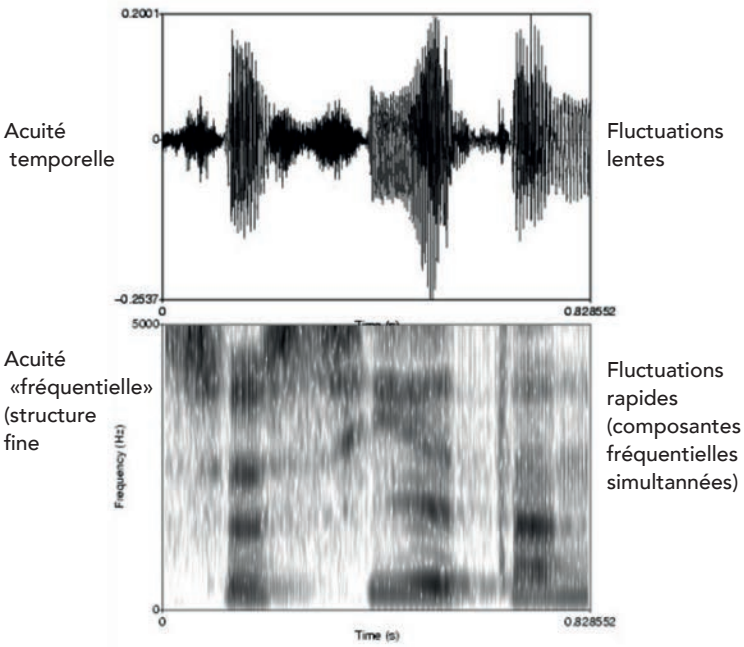


Figure 1. L'acuité temporelle est la capacité à percevoir les fluctuations lentes d'amplitude, c'est-à-dire le contour des variations de l'amplitude globale. L'acuité fréquentielle est la capacité à percevoir la structure fine, c'est-à-dire à percevoir plusieurs composantes fréquentielles simultanées.

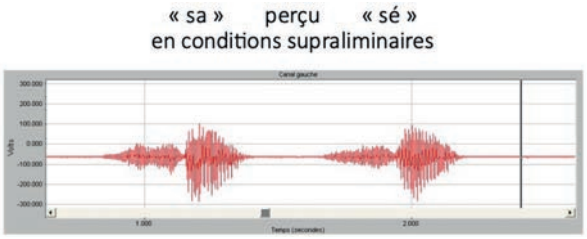


Figure 2 : Les syllabes « sa » et « sé » présentent les mêmes allures d'enveloppe temporelle. Une telle confusion est provoquée par d'importants désordres cochléaires engendrant une perception dégradée de la structure fine, et non pas par une défaillance d'acuité temporelle.

CONFUSIONS PHONÉTIQUES PAR DÉFAILLANCE D'ACUITÉ FREQUENTIELLE OU D'ACUITÉ TEMPORELLE EN CONDITIONS SUPRALIMINAIRES

Les voyelles sont les éléments acoustiques les plus stables dans la parole. L'allure de l'enveloppe temporelle entre les différentes voyelles varie peu au sein d'une syllabe, certaines voyelles étant cependant naturellement plus intenses que d'autres. Ainsi, une confusion entre deux voyelles sera provoquée principalement par une défaillance d'acuité fréquentielle car c'est surtout la structure fine qui est différente sel on les voyelles, principalement la hauteur fréquentielle des trois premiers formants propres à chaque voyelle (figure 2).

La nature sonore des phonèmes peut être décrite avec des traits acoustiques. Il en existe six principales paires. Chaque paire comporte deux traits opposés, le rôle joué par l'acuité fréquentielle ou bien par l'acuité temporelle pouvant être dominant pour percevoir le contraste acoustique au sein d'une paire. Une confusion engendrée par une inversion des traits acoustiques grave/aigu, compact/diffus, nasal/oral implique une défaillance principalement de l'acuité fréquentielle. A l'inverse, une confusion engendrée par une inversion des traits acoustiques continu/interrompu, sourd/sonore, vocalique/non vocalique implique une défaillance principalement de l'acuité temporelle. Les statistiques de confusions phonétiques en conditions supraliminaire portant sur des populations de surdité moyenne suggèrent ainsi que la défaillance d'acuité fréquentielle est quatre fois plus impliquée que celle de l'acuité temporelle.

Si les confusions entre voyelles évoquent une défaillance d'acuité fréquentielle, les confusions entre consonnes peuvent relever d'une défaillance majoritairement soit d'acuité fréquentielle, soit d'acuité temporelle.

ANALYSE DES CONFUSIONS PHONÉTIQUES PAR L'ATEC

Nous avons élaboré en 2004 le test syllabique composé de tri-syllabes identiques du type CVCVCV (Consonne Voyelle), comme par exemple « sasasa ». La consonne et la voyelle sont prises en compte dans le relevé des erreurs, il peut y avoir ainsi jusqu'à deux confusions phonétiques par syllabe. L'objectif est d'analyser les paramètres d'enveloppe temporelle incorrectement perçus lorsqu'un patient commet des confusions phonétiques, d'où la création de la méthode d'analyse A.T.E.C. (Audiological Temporal Envelopes Comparison, en Français Comparaison Audiologique d'Enveloppes Temporelles). Trois raisons ont fait opter pour le choix de la tri-syllabe identique :

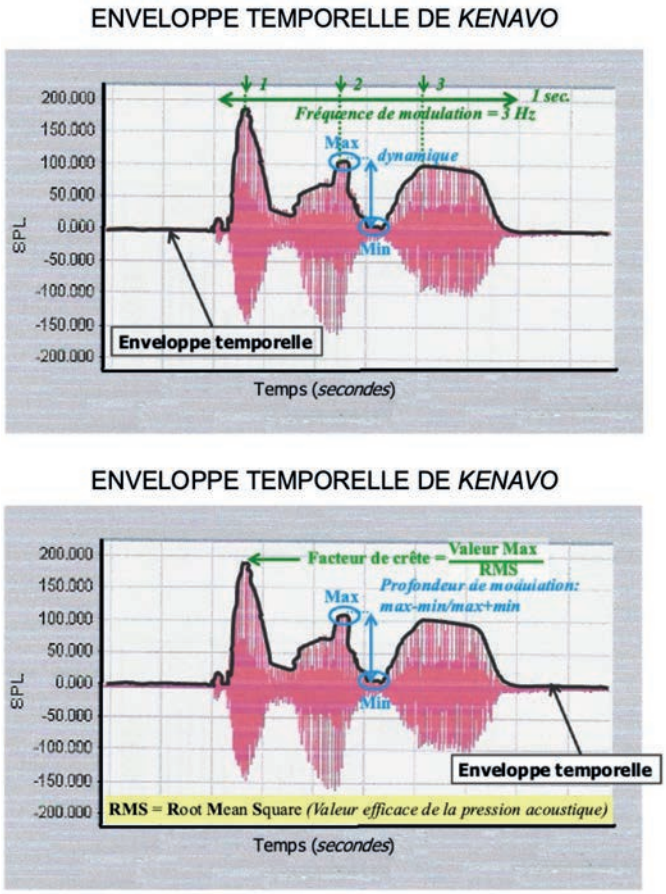


Figure 3 : Principaux paramètres d'enveloppe temporelle et leur formule mathématique pour les quantifier.

la première est que cet item offre une fenêtre temporelle suffisamment grande pour en extraire avec fiabilité ses paramètres d'enveloppe temporelle par le logiciel Matlab, la seconde est d'aboutir à un test vocal de logatomes, la troisième est que celui-ci puisse être pratiqué aussi bien dans le silence que dans le bruit.

Les enveloppes temporelles de la parole comportent plusieurs paramètres quantifiables pour chaque syllabe (figure 3) : la dynamique qui représente l'écart entre le pic et la vallée, la profondeur de modulation qui représente le même écart en tenant compte de l'énergie acoustique moyenne, la valeur RMS qui représente la quantité d'énergie acoustique globale de la syllabe, et le facteur de crête qui représente la brutalité ou la progressivité de l'évolution de l'énergie acoustique dans la syllabe.

Pour chacune des 180 tri-syllabes identiques de type CVCVCV, ces quatre paramètres d'enveloppe temporelle ont été extraits et quantifiés par Matlab, ceci pour constituer une base de données portant sur l'ensemble du champ fréquentiel de 100 à 8000 Hz, ainsi que dans chacune des six bandes de fréquence 100-200 Hz, 200-500Hz, 500-1000 Hz, 1000-2000 Hz, 2000-3000 Hz et 3000-8000 Hz définies selon le champ fréquentiel d'évolution des principaux indices acoustiques de la parole (figure 4).

La figure 5 illustre un exemple de la base de données d'enveloppe temporelle de l'ATEC.

Les figures 6, 7 et 8 montrent le principe d'analyse de l'ATEC et comment peuvent être différenciées les défaillances d'acuité temporelle et d'acuité fréquentielle.

ATEC : Audiological Temporal Enveloppe Comparison

FILTRAGE DES SYLLABES AVANT EXTRACTION D'ENVELOPPES TEMPORELLES

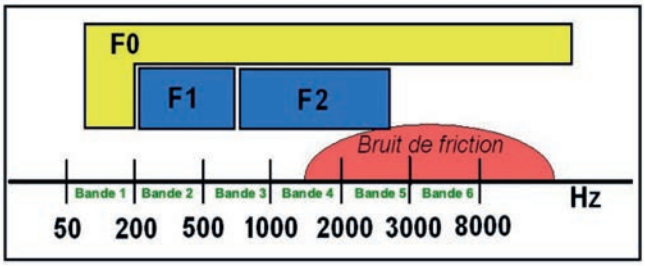


Figure 4 : Découpage du champ fréquentiel en six bandes avant extraction des paramètres d'enveloppe temporelle des 180 tri-syllabes identiques.

ATEC : BASE DE DONNÉES PROFONDEUR DE MODULATION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prof. Modul.	"pa"	"pé"	"pan"	"peu"	"pi"	"pain"	"pau"	"pon"	"pou"	"pu"
enveloppe	0,87	0,89	0,85	0,86	0,81	0,91	0,88	0,79	0,76	0,88
50-200 Hz	0,83	0,95	0,93	0,83	0,86	0,91	0,92	0,90	0,95	0,90
200-500 Hz	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,5-1 KHz	1,00	0,99	1,00	0,99	0,95	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97
1-2 KHz	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,98	0,97	0,98	0,99
2-3 KHz	0,97	0,99	0,95	0,97	0,98	0,97	0,96	0,94	0,94	0,97
3-8 KHz	0,95	0,97	0,93	0,90	0,98	0,95	0,89	0,85	0,88	0,91

Figure 5 : Base de données de l'ATEC. Ici ne figurent que 10 syllabes mais l'abscisse se prolonge avec un total de 180 syllabes.

Confusions /p,t,k/ : acuité fréquentielle
Confusions /p,b/ ou /t,d/ : acuité temporelle

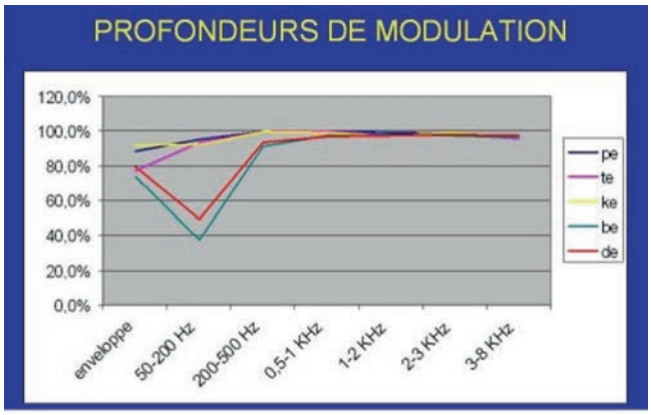
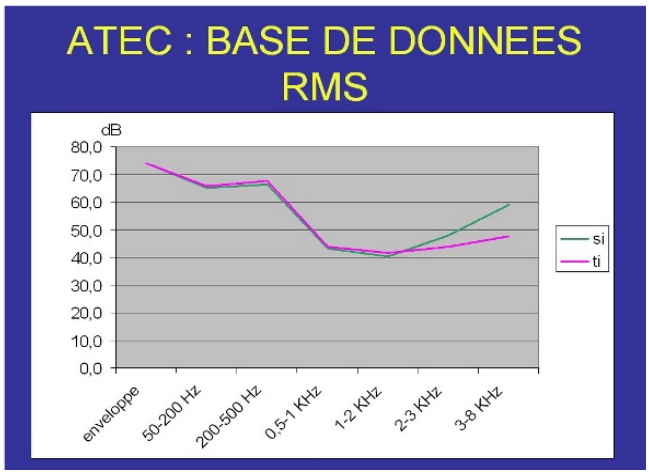


Figure 6 : Une confusion entre /p/-/t/-/K/ est provoquée par une défaillance d'acuité fréquentielle car il n'y a pas de différence entre leur profondeur de modulation. A l'inverse, une confusion /p/-/b/ ou /t/-/d/ est provoquée par une défaillance d'acuité temporelle étant donné une forte différence de profondeur de modulation dans les graves.



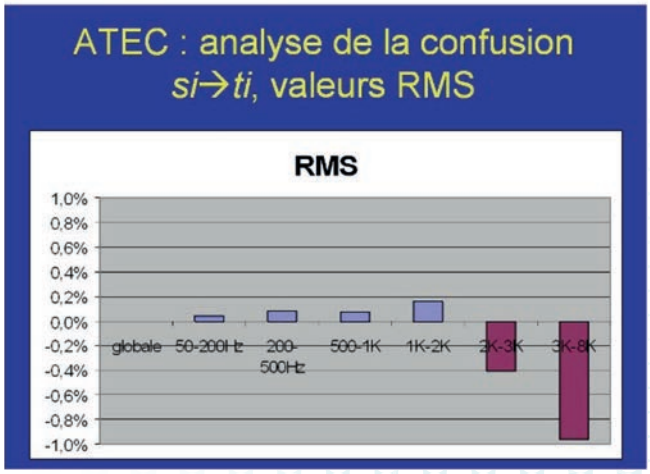


Figure 7 : Exemple d'analyse de la confusion « si » perçue « ti » par l'ATEC. Le graphique supérieur affiche les valeurs RMS des deux syllabes, celle émise et celle perçue. Le graphique inférieur fait la soustraction entre ces deux syllabes, montrant que la perception de la quantité d'énergie sonore (paramètre RMS) est sous-évaluée dans les aigus. L'ensemble des confusions d'une liste seront incrémentées sur ce type de graphique.

ATEC : TEST SYLLABIQUE - LISTE 1

- gé
- chau
- ti ▯ p
- fan
- pain ▯ t
- vou ▯ z
- sa
- deu
- bon
- lu ▯ m
- mi ▯ n
- cou
- zo
- nain ▯ ma
- gué
- pu ▯ tou
- gan
- ceu
- von
- ma

PHONEMES ERRONES 9 /40

% PHONEMES RECONNUS 77 %

Figure 8 : Exemple d'un relevé de confusions au cours d'une mesure chez un patient.

CAS CLINIQUE D'UN IMPLANT COCHLÉAIRE AVEC ACA CONTROLATÉRAL (figures 9, 10 et 11)

M.J., 41 ans : OD=surdité évolutive sévère
GII hyperacousique et compression ++,
OG implant cochléaire
TEST SYLLABIQUE, 60 dB CHAMP LIBRE

	%PR	Ph err	% Err Co	% Err Vo	
L1	72	11	20%	35%	IC OG
L2	87	5	20%	5%	ACA OD

Figure 9 : Ce patient porte un implant cochléaire à gauche et un ACA réglé avec forte compression sur une oreille droite hyperacousique atteinte d'une surdité sévère groupe II. En champ libre à 60 dB, le score global de phonèmes reconnus est meilleur du côté de l'ACA où les voyelles (acuité fréquentielle) sont mieux reconnues que les consonnes (acuité fréquentielle + acuité temporelle). Du côté implant, c'est l'inverse, suggérant que celui-ci engendre une acuité temporelle plus performante que l'acuité fréquentielle.

QUELQUES PISTES DE RÉGLAGES DE CORRECTION AUDITIVE

Quelle que soit la forme de l'audiogramme tonal liminaire, il est généralement bien admis que la surdité neurosensorielle périphérique dégrade principalement l'acuité fréquentielle, c'est-à-dire la perception de la structure fine. La correction auditive ne peut pas la restaurer normalement même si elle restaure une partie de l'audibilité perdue. Pour la compréhension dans le bruit, les limites de la correction auditive seront normales : malgré la correction, il restera une perception altérée d'un élément capital en présence de bruit, la structure fine des pics d'enveloppes temporelles du signal. Si l'on considère que les indices acoustiques de structure fine de la parole se situent principalement entre 750 et 3000 Hz, il est pertinent de tenter de privilégier le gain dans cette bande de fréquence avec un pic à 2000 Hz par rapport aux sons graves qui pourraient être masquant ou aux sons très aigus qui majorent souvent les distorsions physio-pathologiques auditives.

> « L'optimisation d'une correction nous oblige à être précis au dB près car un seul dB SUFFIT À BASCULER D'UN ÉTAT DE CONFORT AUDITIF À UN ÉTAT D'INCONFORT VOIRE D'INTOLÉRANCE. »

L'acuité temporelle étant peu ou non dégradée par la surdité neurosensorielle périphérique, il convient d'éviter de la perturber par une correction inappropriée. En compression syllabique ou avec un temps de retour rapide, il est recommandé de ne pas dépasser un taux de 2. Dans le silence, la littérature a décrit depuis longtemps que les principales informations sont véhiculées par les éléments d'enveloppe temporelle situés entre -5 à -10 dB en dessous du niveau moyen de la parole. Celui-ci est statistiquement de 63 dB dans la vie courante. Pour préserver les contrastes de ces éléments d'enveloppe temporelle, il est pertinent de tenter de régler si possible des points d'enclenchement de compression égaux ou supérieurs à 58 dB (63-5dB), que l'on peut arrondir à 60 dB comme objectif final au terme d'une acclimatation à la correction. Cependant, certains cas, par exemple avec une hyperacousie associée à la perte d'audition, exigent des points d'enclenchement bas pour respecter les deux objectifs récupération d'audibilité et tolérance.

CONCLUSION

En réalité, il n'existe que peu de règles systématiques, l'acuité auditive de chaque patient étant unique. Nos mesures d'audiométrie tonale ont un degré d'imprécision de 5 à 12 dB, les mesures physiques in vivo ou en chaîne de mesure 3 à 5 dB d'imprécision. L'optimisation d'une correction nous oblige à être précis au dB près car un seul dB suffit à basculer d'un état de confort auditif à un état d'inconfort voire d'intolérance. Seule une approche clinique finale, c'est-à-dire étudiant le ressenti du patient, permet d'être aussi précis.

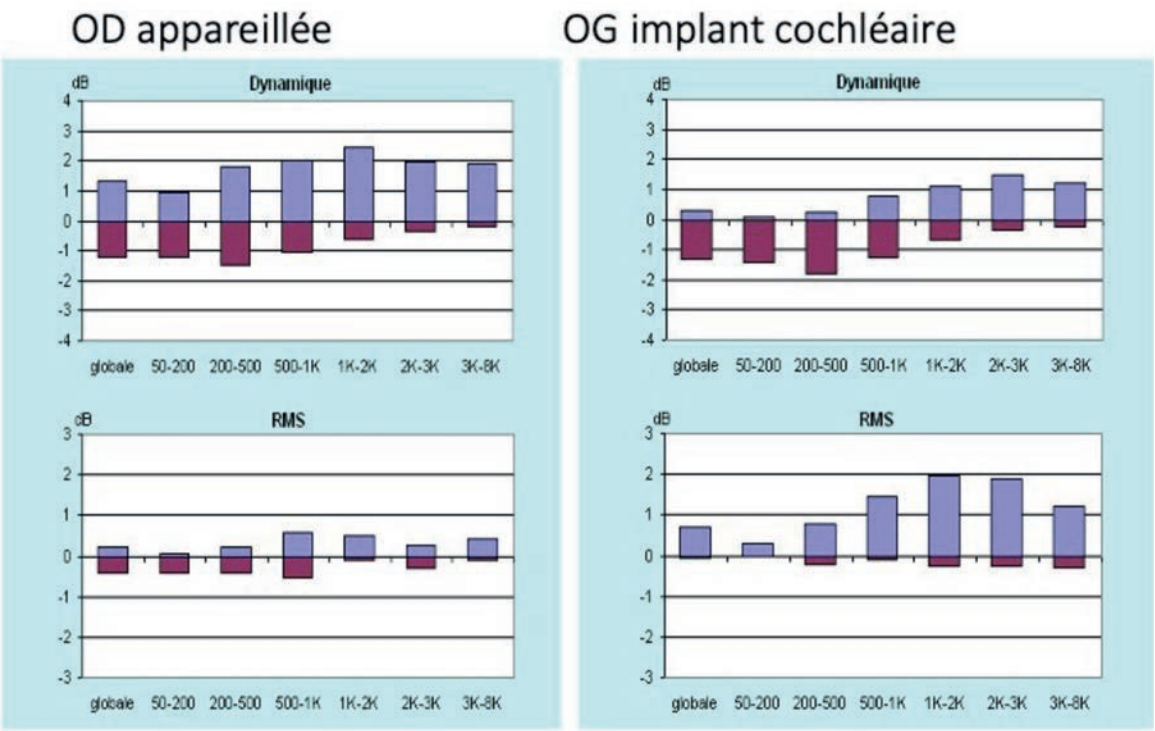


Figure 10 : Analyse ATEC des confusions sur les paramètre Dynamique et RMS. La perception de la dynamique est moins perturbée du côté implant par rapport au côté appareillé chez ce patient, montrant que l'implant est performant pour percevoir les enveloppes temporelles. En revanche, l'énergie sonore RMS est mieux perçue du côté appareillé, suggérant que la stimulation acoustique permet une meilleure perception de la structure fine (acuité fréquentielle).

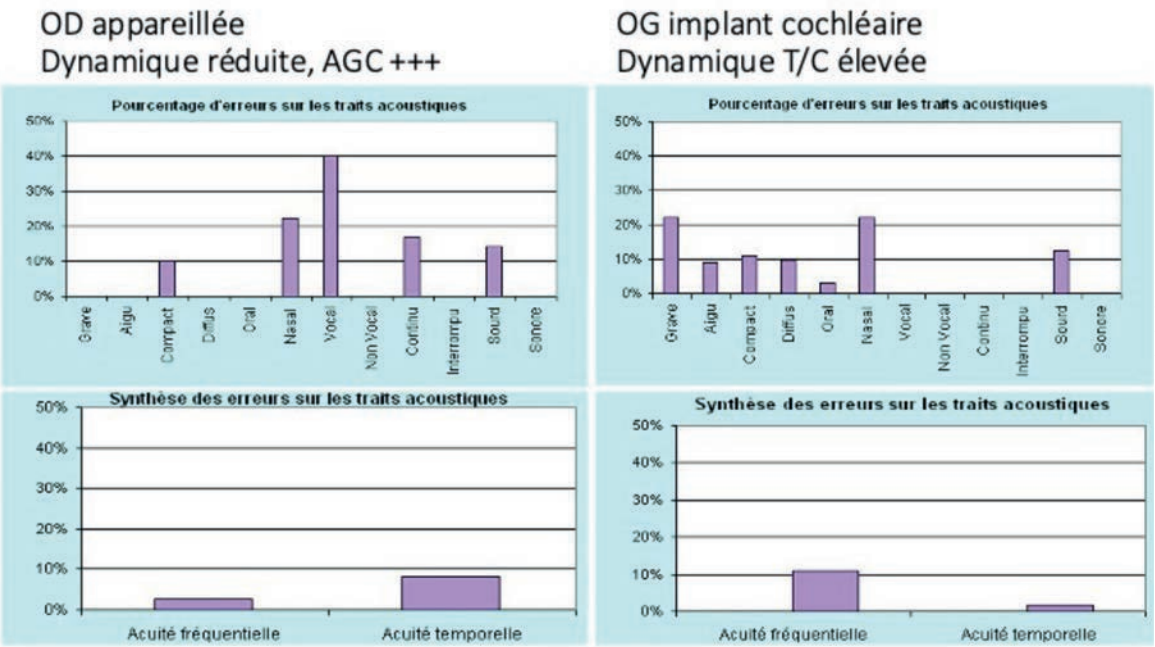


Figure 11 : Analyse ATEC des trais acoustiques incorrectement perçus avec ACA puis avec implant cochléaire. L'acuité temporelle est peu dégradée par rapport à l'acuité fréquentielle côté implant tandis que c'est l'inverse du côté appareillé, probablement en raison de l'hyperacousie droite nécessitant une correction acoustique avec taux élevé de compression. Il s'agit d'un cas particulier. Chez les malentendants appareillés, habituellement l'acuité temporelle est préservée et c'est l'acuité fréquentielle qui est touchée.

UNE MISE AU POINT SUR L'IMPACT DE LA COVID-19 SUR LA FONCTION AUDITIVE

Auteur
Fabrice GIRAUDET
Comité de rédaction scientifique Audika

Même si de nombreux articles traitant des sujets sont disponibles dans la littérature scientifique et médicale, nous n'aborderons pas (volontairement) l'impact ou non de la vaccination contre la Covid-19 ou de certaines approches thérapeutiques médicamenteuses sur la fonction auditive.

De même, les masques faciaux « chirurgicaux » perturbent la compréhension de la parole en perturbant les indices de lecture labiale et en réduisant la transmission du contenu acoustique de la parole à haute fréquence (Tofanelli et al. 2022). Les masques « inclusifs » transparents offrent un meilleur accès aux indices visuels de la parole que les masques « opaques », mais ont également cet impact sur l'atténuation acoustique de la parole. En conséquence, en supprimant l'accès à la lecture labiale, cette pandémie -avec l'utilisation de ces masques chirurgicaux- a aussi révélé pour de nombreuses personnes les difficultés de compréhension associées à leurs troubles auditifs qui passaient jusque-là sous silence et n'ont sans doute pas de lien avec l'infection à la Covid-19.

Enfin, bien qu'il existe plusieurs études récentes sur les symptômes audio-vestibulaires chez les patients atteints de Covid-19, ceux-ci reposent sur une perte auditive autodéclarée, ne commentent pas les résultats auditifs après la guérison de la Covid-19, n'ont pas de documentation sur l'objectivation de l'infection au SARS-CoV-2, ou n'incluent que des « études de cas ». Nous avons fait le choix d'une présentation de certains de ces articles ou revues relativement récents mais il est important de souligner « l'explosion » des publications scientifiques au cours de cette période exceptionnelle, avec malheureusement quelques doutes et inquiétudes sur la rigueur des études cliniques menées et publiées.

En décembre 2019, une nouvelle infection à coronavirus humain (SARS-CoV-2) est apparue à Wuhan, en Chine centrale. La maladie à coronavirus 2019 ou Covid-19 se propage rapidement dans le monde. En mars 2020, l'épidémie de Covid-19 est déclarée pandémie. Si les symptômes tels que la fièvre, une toux sèche et de la fatigue sont couramment associés à la Covid-19, d'autres comme la perte du goût et de l'odorat peuvent également être retrouvés.

Très rapidement, il apparaît que de nombreux patients Covid-19 admis en soins intensifs pour des difficultés respiratoires présentent également des symptômes neurologiques (Zubair et al. 2019). Un certain neurotropisme du SARS-CoV-2 (comme établi pour le virus herpès) est alors avancé. Des auteurs français ont même suggéré l'utilisation des PEAp (potentiels évoqués auditifs précoces) dans la détection précoce, l'évaluation et un suivi à long terme des éventuelles séquelles neurologiques chez les patients atteints du Covid-19 (Ogier et al. 2020). En effet, les PEAp sont le seul outil d'électrophysiologie permettant d'explorer la fonctionnalité du tronc cérébral.

> « ...en supprimant l'accès à la lecture labiale, cette pandémie [...] a aussi révélé pour de nombreuses personnes LES DIFFICULTÉS DE COMPRÉHENSION ASSOCIÉES À LEURS TROUBLES AUDITIFS... »

Actuellement, sur base de l'analyse de la littérature, il est difficile d'établir avec certitude la prévalence réelle de la perte auditive, des acouphènes et des vertiges chez les patients atteints de COVID-19. Une revue de la littérature (Almufarrij et Munro, 2021) portant sur 56 études a identifié une association entre le virus SARS-CoV-2 et des problèmes auditifs et vestibulaires. Selon cette analyse, la prévalence de la perte auditive est de 7,6%, les acouphènes de 14,8% et les vertiges de 7,2 %. Dans une autre étude, Özçelik Korkmaz et al. (2021) ont trouvé chez 116 patients hospitalisés une prévalence de 5,1 % de perte auditive, 11 % d'acouphènes et 31,8 % de vertiges. Dans une étude indienne (Deva et al. 2022) portant sur 286 patients ayant des tests RT-PCR positifs pour COVID-19, 64 (22,3 %) présentaient des symptômes neuro-otologiques. L'âge moyen des patients était de 36,3 ± 8,1 ans (18 à 60 ans). La fréquence des symptômes neuro-otologiques était plus élevée chez les femmes que chez les hommes et était plus fréquente chez les 18-30 ans que dans les autres tranches d'âge. Sur ces 64 patients, 29 avaient des vertiges (10,1%), 21 (7,3%) des acouphènes, 16 (5,5%) une perte d'audition. Depuis l'apparition de la Covid-19, la pandémie a totalement évolué (avec l'apparition des fameux variants) et il est donc clairement difficile de préciser l'impact et la prévalence des troubles audio-vestibulaires associés.

Jeong et al. 2021 ont publié une étude très intéressante car elle associe à la fois des données cliniques et des donnés histologiques. Les auteurs ont décrit une série de patients atteints de Covid-19 (confirmé par PCR ou test antigénique) et présentant une perte auditive, des acouphènes et/ou des vertiges d'apparition récente, ainsi que des audiogrammes 2 à 4 mois après la rémission du Covid-19. Cette étude a examiné 10 patients (6 hommes et 4 femmes) âgés en moyenne de 48±17ans (22-72 ans). La majorité des patients (8/10) présentaient une perte auditive sévère ou profonde, avec une apparition des troubles auditifs en post-covid (7/10). Les auteurs ont également réalisé chez 6 de ces 10 patients une évaluation des otoémissions acoustiques en produits de distorsion entre 2 et 8 kHz. Les résultats révèlent majoritairement une absence des otoémissions acoustiques. Une récupération complète de l'audition a été observée chez seulement un patient et une récupération partielle chez un autre (ces 2 patients avaient reçu un traitement médicamenteux à base de corticoïdes). Par ailleurs, 9 patients ont présenté des acouphènes, et 6 patients ont présenté des vertiges rotatoires ou linéaires sur plusieurs jours. Aucun des patients n'a présenté de dysfonctionnement vestibulaire chronique. De plus et en parallèle des examens audiologiques, les 10 patients ont également eu une IRM cérébrale pour exclure toute pathologie rétro-cochléaire. L'imagerie d'un seul patient a révélé un rehaussement diffus au niveau de l'oreille interne, ce qui -selon les auteurs- est cohérent avec une inflammation liée à l'infection virale. En parallèle à cette partie clinique, et pour étudier les mécanismes moléculaires sous-jacents de ces symptômes audiologiques, les auteurs ont examiné l'expression des gènes et des protéines liés à l'entrée dans la cellule du SRAS-CoV-2 dans des échantillons histologiques humains et murins. Des observations au microscope confocal ont révélé que le récepteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine 2 pour le virus du SRAS-CoV-2, ainsi que la protéase transmembranaire sérine 2 et les cofacteurs FURIN nécessaires à l'entrée du virus étaient co-exprimés au niveau de l'oreille interne chez l'Homme et chez la souris.

Dans une étude récente (Oztürk et al. 2022), une évaluation audiologique complète a été réalisée auprès d'un groupe de 30 sujets diagnostiqués avec la Covid-19 (âgés de 18 à 45 ans, 28.9 ± 8.8) apparié avec un groupe contrôle. Cette étude a clairement révélé une différence significative entre les deux groupes sur toutes les fréquences comprises entre 4 et 14kHz (avec, par exemple, une différence de 25dB à 14kHz). Les otoémissions acoustiques transitoires ou en produits de distorsion présentent une différence significative sur l'ensemble des fréquences évaluées. L'exploration électrophysiologique en PEAp n'a pas révélé d'altération (latences des ondes identiques entre les deux groupes).

Enfin, dans une revue de la littérature datant de janvier 2022, les auteurs ont retenu 42 articles (Ong et al. 2022). En lien avec la Covid-19 et selon le contenu de ces articles retenus, 23 études portaient sur la notion de perte auditive, 18 sur les acouphènes, 17 études sur vertiges, 12 études sur les douleurs otologiques, et 3 études sur des otorhées.

Les articles traitant des pertes auditives -associées à la Covid-19- ont porté au total sur l'analyse de 199 patients. Près de 68% de ces patients ont commencé à décrire une perte auditive dans le mois qui a suivi l'apparition des symptômes typiques ou le diagnostic du Covid-19. Seuls trois patients (1,5 %) ont présenté une perte d'audition sans autre symptôme et ont été testés pour la Covid-19 un peu plus tard. Trois patients (1,5%) ont souffert d'une perte auditive plus d'un mois après le diagnostic de Covid-19, allant de 40 à 117 jours. Les autres patients, soit 28,6 %, n'ont pas fourni de détails concernant l'apparition de la maladie. Le suivi audiologique de128 des 199 patients, seulement 72 patients ont eu une « récupération » des seuils, en deux semaines pour 65 patients et en un mois pour 7 patients. Cinq patients (2,5 %) ont déclaré avoir récupéré partiellement leur audition.

De très nombreuses questions restent (et resteront sans doute encore longtemps) en suspens sur les conséquences ou l'installation de troubles audiologiques et vestibulaires à la suite d'une infection au SARS-CoV-2. Quelles sont les conséquences audiologiques et neurologiques à long terme des personnes ayant contractées la Covid-19, des patients étiquetés « Covid longs » ? Quels sont les réels impacts des vaccins ou des médicaments contre la Covid-19 sur la fonction auditive ?

Certaines études se sont également intéressées aux conséquences d'une infection intra-utérine. Dans ces études (Mostafa et al. 2022), les nouveau-nés de mères positives au virus Covid-19 ne semblent pas présenter un risque accru de perte auditive. Cependant, un suivi plus long de ces nouveau-nés sera obligatoire pour détecter d'éventuels effets retardés du virus.

N'oublions pas enfin pour finir avec une note positive que cette pandémie a permis une certaine évolution de la prise en charge des patients avec en particulier « l'émancipation » des téléconsultations qui sont désormais bien intégrées dans l'offre de soins.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Almufarrij I, Munro KJ. One year on: an updated systematic review of SARS-CoV-2, COVID-19 and audio-vestibular symptoms. Int J Audiol. 2021 Dec;60(12):935-945.*
- *Deva FAL, Gupta A, Manhas M, Kalsotra P. Neuro-otological Symptoms: An Atypical Aspect of COVID-19 Disease. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg. 2022 Apr 15:1-10.*
- *Jeong M, Ocwieja KE, Han D, Wackym PA, Zhang Y, Brown A, Moncada C, Vambutas A, Kanne T, Crain R, Siegel N, Leger V, Santos F, Welling DB, Gehrke L, Stankovic KM. Direct SARS-CoV-2 infection of the human inner ear may underlie COVID-19-associated audiovestibular dysfunction. Commun Med (Lond). 2021;1(1):44*
- *Mostafa BE, Mostafa A, Fiky LME, Omara A, Teaima A. Maternal COVID-19 and neonatal hearing loss: a multicentric survey. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2022 Jul;279(7):3435-3438.*
- *Ogier M, Andéol G, Sagui E, Dal Bo G. How to detect and track chronic neurologic sequelae of COVID-19? Use of auditory brainstem responses and neuroimaging for long-term patient follow-up. Brain Behav Immun Health. 2020 May;5:100081.*
- *Ong KMC, Cruz TLG. Otologic and vestibular symptoms in COVID-19: A scoping review. World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg. 2022 Apr 6:10.1002/wjo2.57.*
- *Özçelik Korkmaz M, Eğilmez OK, Özçelik MA, Güven M. Otolaryngological manifestations of hospitalised patients with confirmed COVID-19 infection. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2021 May;278(5):1675-1685.*
- *Öztürk B, Kavruk H, Aykul A. Audiological findings in individuals diagnosed with COVID-19. Am J Otolaryngol. 2022 May-Jun;43(3):103428.*
- *Tofanelli M, Capriotti V, Gatto A, Boscolo-Rizzo P, Rizzo S, Tirelli G. COVID-19 and Deafness: Impact of Face Masks on Speech Perception. J Am Acad Audiol. 2022 May 5.*
- *Zubair AS, McAlpine LS, Gardin T, Farhadian S, Kuruvilla DE, Spudich S. Neuropathogenesis and Neurologic Manifestations of the Coronaviruses in the Age of Coronavirus Disease 2019: A Review. JAMA Neurol. 2020 Aug 1;77(8):1018-1027.*

APPAREILLAGE D'UN PATIENT SUB-COPHOTIQUE PAR UN SYSTÈME STÉRÉOBiCROS (OU TRiCROS)

Auteur
Morgan POTIER
Audioprothésiste D.E indépendant
Doctorant en Neurosciences
Trésorier adjoint du CNA
labo.audiologie.clinique@gmail.com

ANAMNÈSE

Agé de 67 ans, Mr P. est un jeune retraité du bâtiment. En dehors d'une exposition chronique à du bruit sans protection durant sa vie professionnelle, sur le plan audiologique il nous rapporte des antécédents d'otites chroniques infantiles non traitées, mais surtout un épisode de surdité brusque OD d'origine idiopathique apparu 3 ans avant sa venue au laboratoire. Une imagerie a été réalisée à l'époque, ne décelant aucune pathologie rétrocochléaire. Des acouphènes de type 2 [Jastreboff et al., 1993] sont apparus consécutivement à cet épisode de surdité brusque : latéralisés côté droit, Mr P. les décrit comme des chuintements aigus, permanents et de sonie stable en journée qui peuvent être gênants à l'endormissement. On ne retrouve pas de pistes somatosensorielles pouvant les diminuer (mouvement des ATM, points gâchettes myofaciaux), ni d'éléments pouvant les exacerber/inhiber (exposition à du bruit, prise de caféine,…). D'un point de vue de santé générale, on note un diabète de type 2 (non insulino-dépendant) bien stabilisé médicamenteusement, ainsi qu'un carcinome prostatique précocement diagnostiqué et traité chirurgicalement il y a 4 ans.

Adressé par une confrère ORL pour une prise en charge de ses acouphènes qui lui sont de plus en plus invalidants, le patient me rapporte néanmoins à l'interrogatoire une gêne fonctionnelle grandissante sur le plan parceptif (localisation,…) et social, avec de grandes difficultés de la compréhension de la parole, au départ présentes uniquement en milieu bruyant mais devenues permanentes depuis 2-3 mois (avec sa femme, devant la télévision,…). Il a déjà été appareillé du côté droit en CIC par un confrère audioprothésiste, au décours de son épisode de surdité brusque, sans résultat probant d'après ce que le patient me rapporte, ce qui l'a poussé à l'inobservance 6 mois après la délivrance. Je n'ai pas pu tester le gain prothétique de l'appareillage car il a fini par l'égarer.

BILAN

L'audiométrie tonale liminaire (Figure 1) réalisée aux inserts par pas de 2 dB suivant la méthode de Hughson et Westlake [Carhart et Jerger, 1959] nous révèle une perte neurosensorielle bilatérale asymétrique (différence intéraurale des PTM mesurée supérieure de 15 à 20 dB HL [voir pour revue Noble et Gatehouse, 2004 ; Saliba est al., 2009 ; Gimsing, 2012 ; Durakovic et al., 2018]), de type pente de ski à fort coefficient OG classifiée moyenne à sévère avec des Zones inertes Cochléaires (ZIC) à partir du 4 kHz révélés par un TEN-test [Moore et al., 2000], tandis que nous retrouvons OD une perte sévère de 2ème groupe à configuration plate, classifiée comme une sub-cophose de type E d'après Sauvage et al., [Sauvage et al., 2004].

Les niveaux d'inconforts ne rapportent pas de recrutement en tonal alors que lors de l'épreuve vocale réalisée avec des listes de mots monosyllabiques de Fournier (comptage syllabique), nous retrouvons un recrutement bilatéral avec un maximum d'intelligibilité n'excédant pas 60% OG et 30% OD. Une audiométrie vocale dans le bruit avec un test de Dodelé (dichotique) a été réalisée et nous donne des scores très faibles pour les différents RSB mesurés (Figure 2). Le bilan s'est poursuivi par une acouphénométrie complète (Figure 3), réalisée en ipsilatéral par la méthode d'égalisation de sonie de Fowler et nous informe d'un acouphène ayant une sonie de 8 dB SL, ressemblant à une bande étroite et centrée autour de le fréquence 1250 Hz. Le niveau minimum de masquage est de 91 dB HL et produit une inhibition résiduelle de 45 secondes. Une évaluation subjective par questionnaire THI pré-appareillage [Newman et al., 1998] est venue compléter ce bilan, donnant un score de 58, qui le catégorise comme un acouphène sévère [Newman et al., 1996] et invalidant pour le patient. Des Echelles Visuelles Analogiques EVA-intensité et gêne [Noble, 2001] sont venues clôturer l'évaluation subjective et nous donnent respectivement des scores de 3.3 et 8.6. Enfin, pour nous informer globalement de l'état cognitif du patient, un test de repérage des troubles des fonctions cognitives CoDEX [Belmin et al., 2007 ; Potier et al., 2017] que nous faisons en routine clinique pour les sujets âgés, nous révèle d'un score A, ne révélant donc pas de troubles cognitifs.

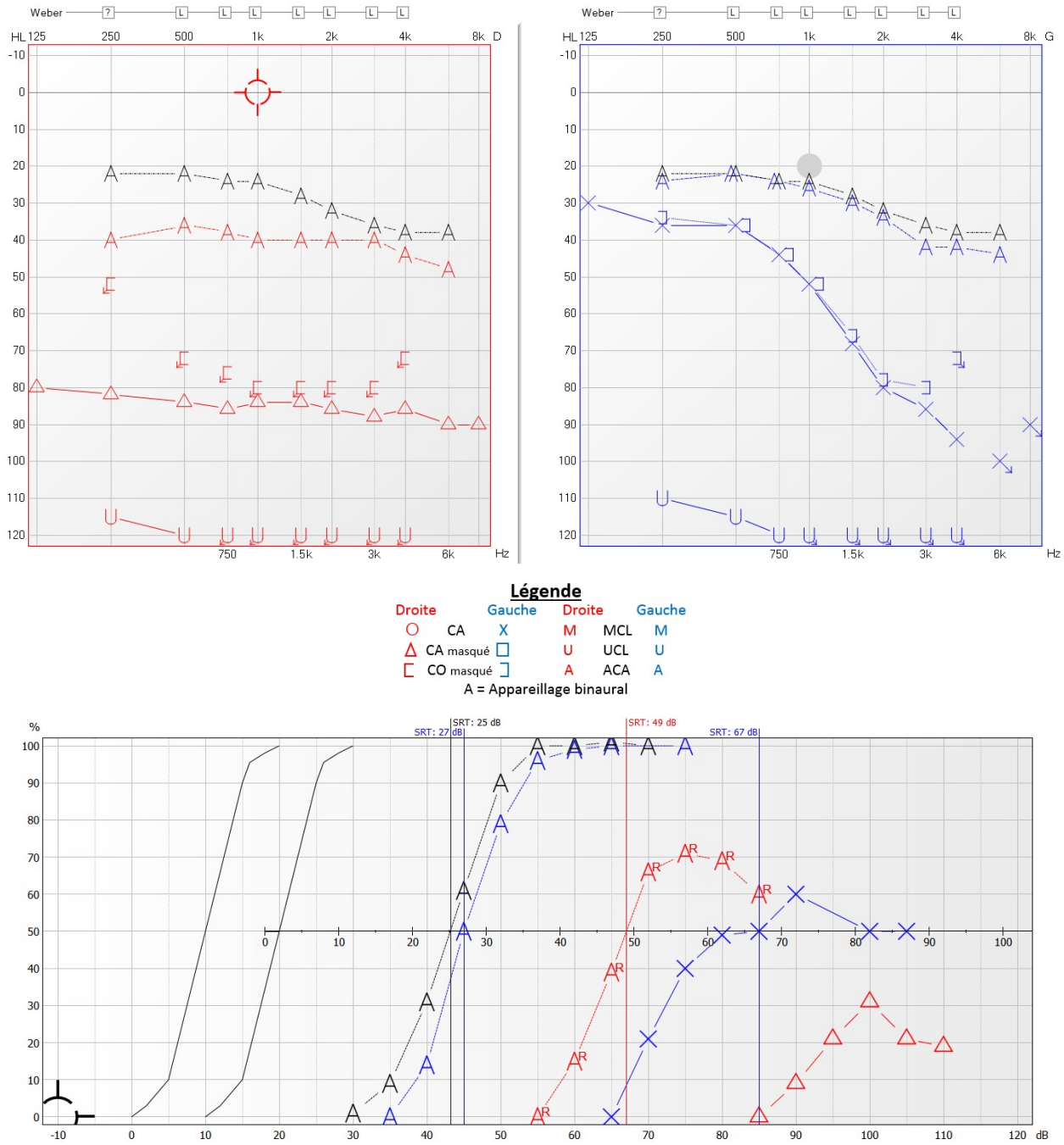


Figure 1 : Audiométrie tonale et vocale obtenues aux inserts et gains prothétiques associés au programme StéréoBiCROS.

BUT DE L'APPAREILLAGE

Si l'objectif de l'appareillage auditif par l'ORL était, en première intention, une prise en charge de ses acouphènes par thérapie d'habituation sonore (Tinnitus Retraining Therapy - TRT), force est de constater qu'avec des seuils liminaires de perception OD si bas, nous risquons malheureusement de ne pas être d'une grande efficacité avec cette technique. En effet, avec une limite du niveau de sortie maximale inférieure aux seuils d'inhibition des acouphènes de ce patient [Potier et Marx, 2018 - Figure 4], un générateur de bruit traditionnel a peu de chance de provoquer une TRT efficace au long court. La seule possibilité serait d'opter pour une stimulation acoustique « traditionnelle » de type compensation de la perte par amplification sonore (réafférentation des voies auditives), mais avec des valeurs maximums d'intelligibilité si faibles, le risque est d'avoir un résultat aussi décevant qu'avec son précédent appareillage. Dans cette configuration audiométrique, pour optimiser l'efficacité prothétique sur le versant compréhension de la parole, le choix prothétique « historique » serait d'avoir recours à un système BiCROS [Harford et al., 1965 ; Harford, 1966 ; Harford et al., 1966], car cette technique aurait l'avantage de lever en partie l'ombre de la tête. Malheureusement, cette solution ne permettant pas une stimulation acoustique de la mauvaise oreille, nous aurons peu d'espoir d'avoir un effet de masquage ipsilatérale sur l'acouphène. C'est pourquoi, afin de ne pas devoir faire de compromis prothétique entre réhabilitation de la compréhension d'une part et masquage

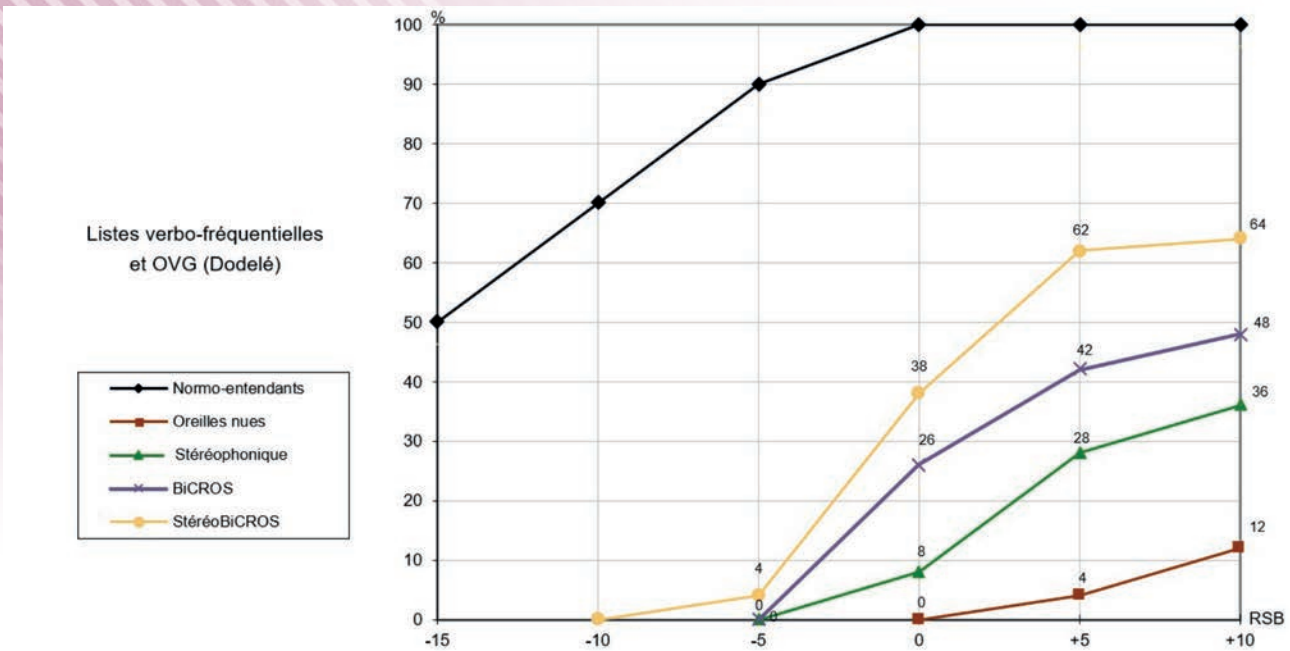


Figure 2 : Résultats obtenus à l'audiométrie vocale dans le bruit (dichotique) via les listes verbo-fréquentielles + OVG de Léon Dodelé pour différents rapports signal à bruit.

Évaluation d'acouphène

22/04/2016, 18 : 47	Nouvea	Droite	Binaural	Gauche
Correspondance de hauteur	T	1250 Hz		
Correspondance d'intensité	T	8 SL		
Seuil d'audition	•	84 HL		
Seuil de bruit de masking				
Niveau de masking minimum (NM		91 HL		
Masquabilité		Terminé		
Inhibition résiduelle		45 s		
Caractéristique d'inhibition		Terminé		
Remarque :	0s=0%, 15s=40%, 30s=85%, 45s=100%, 90s=100%			

Figure 3 : Acouphénométrie réalisée en ipsilatéral par la méthode d'égalisation de sonie de Fowler.

de l'acouphène d'autre part, mon choix se porte donc sur une stimulation hybride appelée StéréoBiCROS, sub-BiCROS ou TriCROS (Potier, INPI - 2016) puisqu'elle permet les deux types de stimulation et donc d'avoir le double « avantage » précédemment décrit.

ADAPTATION ET SUIVI D'APPAREILLAGE

Le StéréoBiCROS, récemment possible d'un point de vue technique au moment de la consultation de Mr P. lui est alors proposé en adaptant des appareils de type écouteurs déportés sur embouts sur-mesures (silicone OD et acrylique OG). Comme un certain nombre de cliniciens le savent désormais, ce type de solution prothétique consiste à reproduire une stimulation CROS (Controlateral Routing Of Signal) en « détournant » une option embarquée dans la plupart des appareils auditifs actuels qui était initialement conçue pour entendre les appels téléphoniques en binaural par transmission inductive à codage numérique (généralement de type NFMi - voir Figure 5 un listing des possibilités d'adaptation des fabricants d'appareils auditifs, par marque, au moment de la rédaction de ces lignes). L'avantage de ce système pour le praticien étant donc de ne pas avoir à faire de choix « forcé » pour son patient puisqu'il lui permet de pouvoir combiner les avantages du renvoi du signal CROS vers la bonne oreille (amélioration de l'intelligibilité) mais également de stimuler acoustiquement les 2 oreilles (amélioration de l'acouphène) et donc de bénéficier des avantages de la stimulation stéréophonique.

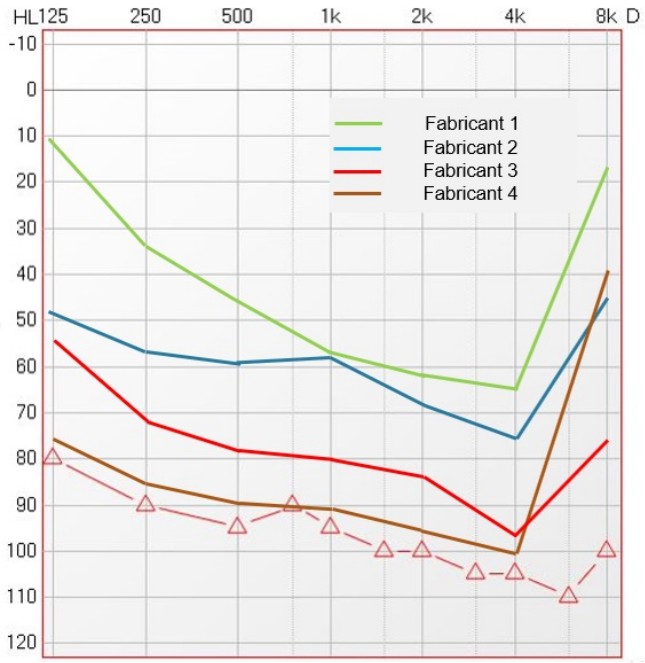


Figure 4 : Limite du niveau de sortie maximale théorique de la TRT pour 4 fabricants (anonymisés) du marché [Potier et Marx, 2018].

Fabricant	CROS / BiCROS	StéréoBiCROS
PHONAK life is on	✓	✓
HANSATON hearing & emotions	✗	✓
unitron	✗	✓
signia SIEMENS	✓	✓
REXTON	✓	✓
Starkey	✓	✓
WIDEX	✓	✗
ReSound GN	✗	✗
Beltone	✗	✗
oticon PEOPLE FIRST	✓	✗
bernafon	✗	✗

Figure 5 : Listing des possibilités d'adaptation CROS / BiCROS et StéréoBiCROS (= TriCROS) des fabricants d'appareils auditifs, par marque (données fabricants 2022).

La Figure 6 est une synthèse des différents systèmes existants : CROS / BiCROS / StéréoCROS / StéréoBiCROS (= TriCROS).

L'adaptation d'un tel appareillage doit, encore plus que lors d'un appareillage classique, respecter la notion de progressivité dans la délivrance du niveau d'amplification/ de correction acoustique, avec souvent une période d'adaptation rallongée inhérente à l'asymétrie audiométrique, à la période de la privation sensorielle mais également aux spécificités étiologiques de ce type de perte. Cette période de réhabilitation rallongée permet au patient une adaptation optimale par mécanisme de plasticité cérébrale [Philibert et al., 2005]. Pour maitriser au mieux cette adaptation, mon protocole d'appareillage s'appuie essentiellement sur :

- La mesure in-vivo, actuellement le seul véritable outil de mesure objectif disponible dans l'arsenal de l'audioprothésiste, et ce par la méthode de Pumford [Bagatto et al., 2005] pour cette adaptation spécifique,
- L'évaluation subjective des gains prothétiques oreille par oreille et bilatérale,
- Le ressenti subjectif du patient, par interrogatoire et par questionnaire (SSQ-15 ou autres, voir pour information [Gatehouse and Noble, 2004 ; Moulin et al., 2015 ; Moulin et al., 2018]).

Un certain nombre d'études démontrant que l'éducation prothétique du patient est prépondérante dans la réussite d'un appareillage CROS / BiCROS [Valente et al., 2015 ; Kuk et al., 2015], j'ai opté pour la mise en place consentie de 3 programmes de stimulation recouvrant les différents modes possibles : StéréoBiCROS, BiCROS et Stéréophonique. Le patient étant libre de choisir la stimulation qui lui convient le plus en terme de confort et d'efficacité dans les différents environnements sonores de son quotidien (calme, bruit, musique,…). Pour une comparaison valable d'un point de vue psychoacoustique, j'adapte mes valeurs de gain bilatérales de façon isosonique entre le programme Stéréophonique et StéréoBiCROS et uniquement sur la meilleure oreille pour le programme BiCROS (pas de stimulation du côté sub-cophosé).

L'analyse du datalogging montre que Mr P. porte ses appareils 12 heures par jour et, s'il semble surpris de ré-entendre autant de bruits de son quotidien, il me rapporte dès les 1ers jours d'utilisation une diminution drastique de la perception de son acouphène. J'essaie alors de comprendre quel type de stimulation lui convient le plus en observant la répartition des différents programmes. Elle est très inégale puisque Mr P. a une forte préférence pour le programme StéréoBiCROS (87%), suivi du programme Stéréophonique (12%) et enfin du programme BiCROS (2%). Il m'explique cela par une plus grande sensation de « relief » sonore ou des voix lui parvenant sur ce programme, qui lui semble in-fine plus proche de la réalité mais surtout plus efficace. Le programme Stéréophonique, moins stimulant que le StéréoBiCROS par définition, lui semble par contre parfois plus confortable, plus filtrant dans des environnements bruyants.

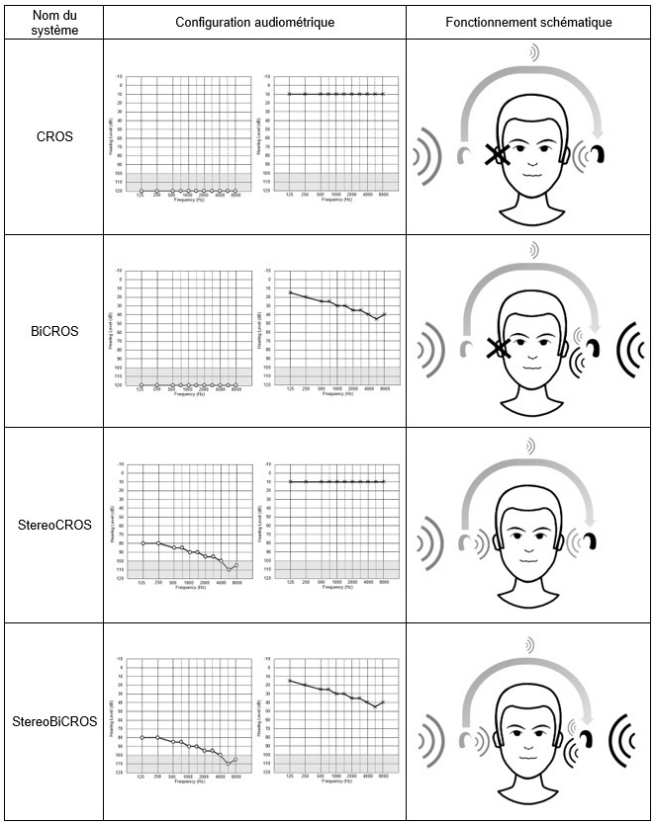


Figure 6 : Synthèse, configuration audiométrique types et fonctionnement schématique de fonctionnement des différents systèmes existants.

Au bout de 45 jours d'adaptation, de rendez-vous de suivi et de progression dans la compensation de la perte auditive, les valeurs de gains prothétiques mesurées sont rapportées Figure1 pour le programme le plus utilisé (StéréoBiCROS) et Figure 2 respectivement pour chacun des programmes. Bien qu'encore présent, l'acouphène semble avoir continué à diminuer OD et j'obtiens un score post-appareillage du THI égale 26, soit 32 points de diminution. Le critère d'amélioration cliniquement admis par Newman à son questionnaire étant d'avoir une diminution d'au moins 20 points, Mr P. semble être moins gêné

au quotidien. L'EVA-intensité et l'EVA-gêne viennent corroborer ses dires puisque je les mesure respectivement à 1.1 et 2.9 soit une diminution respective de 2.2 et 5.7 points. Il me rapporte également une période d'inhibition résiduelle le soir, au retrait de son appareillage, de quelques minutes, lui permettant de s'endormir plus aisément. La sonie des acouphènes revient par contre à la même valeur qu'en pré-appareillage la nuit, cette inhibition résiduelle est donc considérée comme une inhibition de type C d'après Tyler [Stouffer, Tyler at al., 1991]. Je ne note par contre aucun changement de la tonie de ces derniers, contrairement à ce qui peut être parfois observé dans la pratique clinique [Moffat et al., 2009].

Après plusieurs années d'utilisation de ses appareils auditifs, Mr P. est toujours satisfait du résultat obtenu. La sonie de son acouphène est toujours plus faible qu'auparavant et le suivi prothétique au long cours montre de bons résultats. A noter toutefois que le programme Stéréophonique est de plus en plus utilisé par le patient (36%), soit une progression de près d'un quart du temps supplémentaire et ce, au détriment du programme StéréoBiCROS. Cet élément est à prendre en considération par l'audioprothésiste, car le patient hypostimulé depuis un certain temps (de quelques mois à quelques années) du côté de sa subcophose, semble se réappuyer sur les indices acoustiques lui parvenant sur sa mauvaise oreille, et il n'est pas exclu de retrouver des seuils auditifs (oreilles nues) en post-appareillages améliorés par rapport à ceux mesurés en pré-appareillage (amélioration des seuils liminaires, du SRT et du maximum d'intelligibilité). Cette remarque est d'autant plus valable que le mode « téléphone acoustique », utilisé pour obtenir la stimulation StéréoBiCROS, possède à ce jour des « lacunes » acoustiques si on le compare au mode Stéréophonique classique :

- les algorithmes de traitement du signal (reconnaissance de la parole, atténuation automatique du bruit,…) ne sont pas tous disponibles,
- la bande passante fréquentielle est limitée,
- le mode microphonique est obligatoirement bloqué en omnidirectionnel fixe,
- le retard de groupe non seulement dû au temps de traitement signal [Stone and Moore, 1999] mais également à l'augmentation du temps de transmission intéraurale du signal qui peut alors créer un effet filtre en peigne [Goehring et al., 2018] pouvant être délétère à la compréhension.

Si on rajoute à ces éléments les limites maintenant bien bibliographiées de la stimulation CROS/BiCROS qui, dans certaines conditions de bruit (dichotique inversée), peuvent venir dégrader le RSB dans la bonne oreille [voir pour revue : Guidelines Adult Patients with Severe-to-Profound Unilateral Sensorineural Hearing Loss, 2015], on peut donc comprendre pourquoi Mr P. privilégie de plus en plus le programme stéréophonique, bien plus écologique.

CONCLUSION

Mr P. a été l'un des premiers patients malentendants à avoir pu bénéficier de la stimulation StéréoBiCROS dans le cadre de la réhabilitation d'une subcophose associée à des acouphènes invalidants. Si l'idée de coupler une stimulation CROS et Stéréophonique n'est pas nouvelle [appelée CROS-plus, dans les années 1990, Hable et al., 1990], son résultat prometteur chez ce patient nous a poussé avec Arnaud Norena et Stéphane Gallego à réaliser la première étude française sur une série de cas. Les publications scientifiques devraient voir prochainement le jour et viennent confirmer les résultats observés. En effet, dans cette configuration audiométrique, le StéréoBiCROS améliore la qualité de vie de nos patients subcophotiques et ce, en diminuant significativement leurs acouphènes, la gêne associée, ainsi qu'en améliorant leur capacité d'intelligibilité dans le bruit (en condition dichotique) ou leur capacité de localisation spatiale [Potier et al, 2022 ; Potier et al., article en cours] par rapport aux stimulations princeps historiques (Stéréophoniques ou BiCROS).

Cette stimulation StéréoBiCROS présente donc un intérêt majeur puisqu'elle est, à ce jour, la seule alternative réellement concurrente à l'implant cochléaire dans le cas d'une subcophose avec acouphènes invalidants associés (évolution de l'indication de la HAS - Journal officiel Septembre 2021 n°0209). Elle possède d'ailleurs un ratio coût-risque et coût-efficacité plus avantageux et moins invasif [Molinier et al., 2009] que l'implant cochléaire. Gageons donc qu'avec l'ouverture logiciel des fabricants dans les années à venir, permettant l'accès à davantage de réglages de la stimulation StéréoBiCROS (traitement du signal, bande passante, adaptation de la cardioïde microphonique, coupure du renvoi CROS en condition dichotique inversée,…), nous pourrons certainement améliorer encore l'efficacité prothétique de nos patients. C'est pourquoi, au vu de tous ces avantages actuels et à venir, nous préconisons dans le cas précis d'une prise en charge de ce type de perte auditive, de réaliser un essai minimum de 1 à 2 mois en StéréoBiCROS avant d'avoir recours à une solution chirurgicale de type implant cochléaire.

BIBLIOGRAPHIE

- *Bagatto M, Moodie S, Scollie S, Seewald R, Moodie S, Pumford J, Liu KP. Clinical protocols for hearing instrument fitting in the Desired Sensation Level method. Trends Amplif. 2005;9(4):199-226. doi: 10.1177/108471380500900404. PMID: 16424946; PMCID: PMC4111495.*
- *Belmin J., Pariel-Madjlessi S., Surun P., Bentot C., Feteanu D., Lefebvre des Noettes V., Onen F., Drunat O., Trivalle C., Chassagne P., Golmard JL. The cognitive disorders examination (Codex) is a reliable 3-minute test for detection of dementia in the elderly (validation study on 323 subjects). Presse Med, 2007; 36, 1183-90.*
- *Carhart R, Jerger J. (1959) Preferredmethod for clinical determination of pure-tone thresholds. J Speech Lang Hear Res 24:330–345.*
- *Durakovic N, Valente M, Goebel JA, Wick CC. What defines asymmetric sensorineural hearing loss? Laryngoscope. 2019 May;129(5):1023-1024. doi: 10.1002/lary.27504. Epub 2018 Nov 8. PMID: 30408187.*
- *Gatehouse S., Noble W. Effects of bilateral versus unilateral hearing aid fitting on abilities measured by the speech, spatial, and qualities of hearing scale (SSQ) Int J Audiol. 2006;45:172–181.*
- *Gimsing S. Vestibular schwannoma: when to look for it? J Laryngol Otol 2010;124:258–264.*
- *Goehring T, Chapman JL, Bleeck S, Monaghan JJM. Tolerable delay for speech production and perception: effects of hearing ability and experience with hearing aids. Int J Audiol. 2018 Jan;57(1):61-68. doi: 10.1080/14992027.2017.1367848. Epub 2017 Aug 24. PMID: 28838277.*
- *Harford E, Barry J. A rehabilitative approach to the problem of unilateral hearing impairment: the contralateral routing of signals (CROS). J Speech Hear Disord. 1965, 30: 121-38.*
- *Harford E, Dodds E. The clinical application of CROS: a hearing aid for unilateral deafness. Arch Otolaryngol. 1966, 83: 455-64.*
- *Harford E. Bilateral-CROS: two-sided listening with one hearing aid. Arch Otolaryngol. 1966, 84: 426-32.*
- *Hable LA, Brown KM, Gudmundsen GI. CROS-PLUS: a physical CROS system. Hear Instruments 1990;41(8):27-30.*
- *Jastreboff PJ, Hazell JW. A neurophysiological approach to tinnitus: clinical implications. Br J Audiol. 1993 Feb;27(1):7-17. doi: 10.3109/03005369309077884. PMID: 8339063.*

- *Kuk F, Seper E, Lau C, Crose B, Korhonen P. Effects of Training on the Use of a Manual Microphone Shutoff on a BiCROS Device. J Am Acad Audiol. 2015 May;26(5):478-493. doi: 10.3766/jaaa.14090. PMID: 26055837.*
- *Moffat G, Adjout K, Gallego S, Thai-Van H, Collet L, Noreña AJ. Effects of hearing aid fitting on the perceptual characteristics of tinnitus. Hear Res. 2009 Aug;254(1-2):82-91. doi: 10.1016/j.heares.2009.04.016. Epub 2009 May 3. PMID: 19409969.*
- *Molinier L, Bocquet H, Bongard V, Fraysse B. The economics of cochlear implant management in France: a multicentre analysis. Eur J Health Econ. 2009 Jul;10(3):347-55. doi: 10.1007/s10198-009-0151-8. Epub 2009 May 28. PMID: 19475439.*
- *Moore BC, Huss M, Vickers DA, Glasberg BR, Alcántara JI. A test for the diagnosis of dead regions in the cochlea. Br J Audiol. 2000 Aug;34(4):205-24. doi: 10.3109/03005364000000131. PMID: 10997450.*
- *Moulin A, Pauzie A, Richard C. Validation of a French translation of the Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale (SSQ) and comparison with other language versions. Int J Audiol. 2015;54(12):889-98. doi: 10.3109/14992027.2015.1054040. Epub 2015 Jul 3. PMID: 26140297.*
- *Moulin A, Vergne J, Gallego S, Micheyl C. A New Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale Short-Form: Factor, Cluster, and Comparative Analyses. Ear Hear. 2019 Jul/Aug;40(4):938-950. doi: 10.1097/AUD.0000000000000675. PMID: 30461444.*
- *Newman CW, Jacobson GP, Spitzer JB. Development of the Tinnitus Handicap Inventory. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1996 Feb;122(2):143-8. doi: 10.1001/archotol.1996.01890140029007. PMID: 8630207.*
- *Newman CW, Sandridge SA, Jacobson GP. Psychometric adequacy of the Tinnitus Handicap Inventory (THI) for evaluating treatment outcome. J Am Acad Audiol. 1998 Apr;9(2):153-60. PMID: 9564679.*
- *Noble W. (2001) Tinnitus self-assessment scales: Domains of coverage and psychometric properties. The Hearing Journal 54(11): 20–26. DOI:10.1097/01.HJ.0000293150.63349.c7.*
- *Noble W, Gatehouse S: Interaural asymmetry of hearing loss, Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) disabilities, and handicap. Int J Audiol 2004; 43: 100–114.*
- *Philibert B, Collet L, Vesson JF, Veuillet E. The auditory acclimatization effect in sensorineural hearing-impaired listeners: evidence for functional plasticity. Hear Res. 2005 Jul;205(1-2):131-42. doi: 10.1016/j.heares.2005.03.013. PMID: 15953523.*
- *Potier M., Lallau M., Sellem A., Le CoDex : un test de repérage rapide des troubles cognitifs pour les patients presbyacousiques. Les Cahiers de l'Audition - N°4/2017.*
- *Potier M., Marx M. Acouphènes et surdité unilatérale : Quel bilan, quelle réhabilitation ? Atelier 20ème Assises ORL de Nice, 26 Janvier 2018.*
- *Potier M, Gallego S, Marx M, Fournier P, Norena A. Acoustic amplification in case of Single-Sided Deafness and Asymmetric Hearing Loss with residual hearing: an alternative to cochlear implantation to treat tinnitus. In press, 2022.*
- *Potier M, Norena A, Seldran F, Guevara N, Gallego S. Evaluation of a new device for the rehabilitation of Single-Side Deafness and Asymmetric Hearing Loss with residual hearing: StereoBiCROS system. Article en cours - 2022.*
- *Saliba I, Martineau G, Chagnon M. Asymmetric hearing loss: rule 3,000 for screening vestibular schwannoma. Otol Neurotol 2009;30:515–521.*
- *Sauvage et al., Sudden and fluctuant sensorineural hearing loss. EMC-Oto-rhino-laryngologie 2004;133-156. https://doi.org/10.1016/j.emcorl.2004.04.002.*
- *Stone MA, Moore BC. Tolerable hearing aid delays. I. Estimation of limits imposed by the auditory path alone using simulated hearing losses. Ear Hear. 1999 Jun;20(3):182-92. doi: 10.1097/00003446-199906000-00002. PMID: 10386846.*
- *Stouffer JL, Tyler RS, Kileny PR, Dalzell LE. Tinnitus as a function of duration and etiology: counselling implications. Am J Otol. 1991 May;12(3):188-94. PMID: 1882967.*
- *Valente M. Executive Summary: Evidence-Based Best Practice Guideline for Adult Patients with Severe-to-Profound Unilateral Sensorineural Hearing Loss. J Am Acad Audiol. 2015 Jul-Aug;26(7):605-6. doi: 10.3766/jaaa.26.7.2. PMID: 26218049.*
- *Potier Morgan. Dépôt INPI, norme NFZ42-013: TriCROS, StéréoCROS/StéréoBiCROS, sub-CROS/sub-BiCROS. Institut National de la Propriété Intellectuelle, Numéro 567622 du 13/06/2016.*
- *American Academy of Audiology Clinical Practice Guidelines Adult Patients with Severe-to-Profound Unilateral Sensorineural Hearing Loss. June 2015.*
- *Official Journal of September 8, 2021 n°0209. National Authority for Health, NOR SSAS2126983A: https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2021/9/6/SSAS2126983A/jo/texte*

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
ab2a.bailly

Auteur
Pr. Natalie LOUNDON
Service ORL
Hôpital Necker-Enfants Malades
149 rue de Sèvres - 75015 Paris

CAS CLINIQUE : DÉPISTAGE EN MATÉRNITÉ

Les parents de Jérome, 9 mois consultent car il y a eu un dépistage en maternité [1] et le côté droit ne répond pas aux otoémissions acoustiques (OEA).
Le contrôle par OEA est revenu anormal à droite une seconde fois.
Les parents n'ont pas de doute sur l'audition de leur fils mais comme la mère présente une surdité appareillée, ils préfèrent vérifier son audition.

Quelles premières évaluations cliniques et auditives pouvez-vous proposer à cet âge ?

- Antécédents personnels : rechercher facteurs autres risque de surdité, pathologie périnatale, hospitalisation
- Antécédents familiaux: type de surdité, anomalie cardiaque, rénale, thyroïdienne, troubles de la pigmentation : mèche blanche/yeux bleus/vitiligo
- Examen clinique de l'enfant, rechercher une malformation de la tête et du cou, aspect tympanique sous microscope : éliminer une otite séro-muqueuse. (voir mémo tableau 1)

Le contrôle en cabine peut se faire en champ libre en comportemental, vérifiant que l'audition globale est normale. Il s'agit de mettre en évidence des réactions motrices de l'enfant à la stimulation auditive : réaction d'arrêt, mouvement de la tête, écarquillement des yeux. Le test peut être effectué en CO avec le vibrateur, et en CA en champs libre ou aux inserts. A cet âge il n'est pas possible de masquer.

Les PEA ou les ASSR sont indispensables pour confirmer les seuils auditifs, oreilles séparées.

Les tympans sont normaux, l'examen ne montre pas d'anomalie des pavillons. Les réactions auditives en comportemental ne sont pas reproductibles.
Vous réalisez des PEA. Le tracé de PEA est le suivant, comment l'analysez-vous ? Quel est votre diagnostic ?

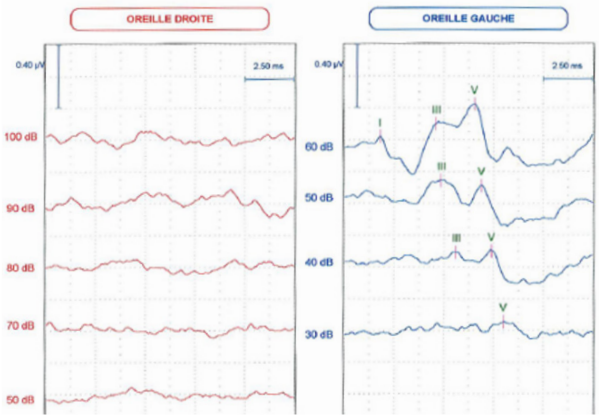


Figure 1 : PEA sous sieste

Facteurs de risque d'un trouble de l'audition

Facteurs de risque : antécédents personnels et familiaux	
Antécédents familiaux	• Les antécédents familiaux de surdité : prothèse auditive avant l'âge de 50 ans
Antécédents personnels, à la naissance ou en période néonatale	• Prématurité, surtout en cas d'âge gestationnel inférieur à 32 semaines révolues et/ou une complication cérébrale de la prématurité • Faible poids de naissance, surtout inférieur à 1500 grammes • Infirmité motrice cérébrale, troubles neuromoteurs • Anomalies chromosomiques, en particulier la trisomie 21 ; micro délétion 22q11 • Craniosténoses et malformations de la face • Embryofoetopathies (rubéole – CMV) • Exposition in utero aux toxiques et/ou à l'alcool et/ou au tabac • Hyperbilirubinémie ayant nécessité une exsanguino-transfusion • Infection grave ou traitement possiblement ototoxique (aminosides…)
Antécédents personnels en dehors de la période néonatale	• Anoxie périnatale • Infections graves : méningites purulentes (pneumocoque, Haemophilus, méningocoque) • Traumatismes du rocher • Otites à répétition

Tableau 1 : d'après https://www.legifrance.gouv.fr/

Les tracés des PEA par raréfaction sont de bonne qualité (Tableau 2).

A gauche, le tracé est bien synchronisé, le train d'onde est présent à 60 dB, et l'onde V est la dernière à disparaître en se décalant vers la droite, sans facteur transmissionnel (l'onde I apparaît avant 2 ms). L'onde V est visible à gauche jusqu'à 30 dB, il manque les courbes 25 et 20dB pour confirmer la normalité complète de ce côté.

A droite : On ne retrouve aucun train d'onde même à 100 dB.

Affirmer que la réponse électro-physiologique observée n'est pas artefact

Impédances basses
Tracé de base sans artéfact
Si audition normale : train d'onde (I/III/V) à 90 dB
Tracés harmonieux, délais et latences respectées par rapport aux abaques
Décalage progressif des ondes vers la droite, notamment l'onde V
Les ondes sont superposables pour une même intensité de stimulation
Il existe un rapport Amplitude/Intensité des ondes observées
L'onde V est la dernière à disparaître (sauf neuropathie auditive).

O.D	I (ms)	III (ms)	V (ms)	I-III (ms)	I-V (ms)	III-V (ms)
70 dB	1.90	4.10	5.70	2.20	3.80	1.60
60 dB	2.10	4.30	5.95	2.20	3.85	1.65
50 dB	2.95	4.55	6.20	1.60	3.25	1.65
40 dB		4.80	6.55			1.75
30 dB		5.10	6.85			1.75
20 dB			7.35			

Tableau 2 : Critères de qualité des PEA

Quel suivi proposez-vous ? A quel rythme ?
Quelle réhabilitation proposer à cet enfant ?

Étant donné les antécédents de surdité de la maman, la présence d'une surdité complète droite et d'un tracé à la limite de la normale à gauche, la surveillance auditive est indispensable. Il faudra vérifier le développement de la communication orale dans les mois à venir [2]. Il n'est pas possible d'adapter un système CROS à cet âge et il n'y a pas d'indication d'IC en France à ce jour pour les surdités unilatérales. Il est intéressant de prévoir un bilan étiologique : PCR- CMV sur le carton de Guthrie, examen ophtalmologique, IRM cérébrale et des CAI, bilan vestibulaire et bilan génétique.

Vous revoyez Jérome de nouveau à 14 mois. L'imagerie et les divers éléments du bilan étiologique sont revenus normaux. Les tympans sont ce jour-là, très séreux. La famille a des doutes concernant son audition et Jérome vocalise peu. L'audiométrie est la suivante. (Audiométrie n°1)

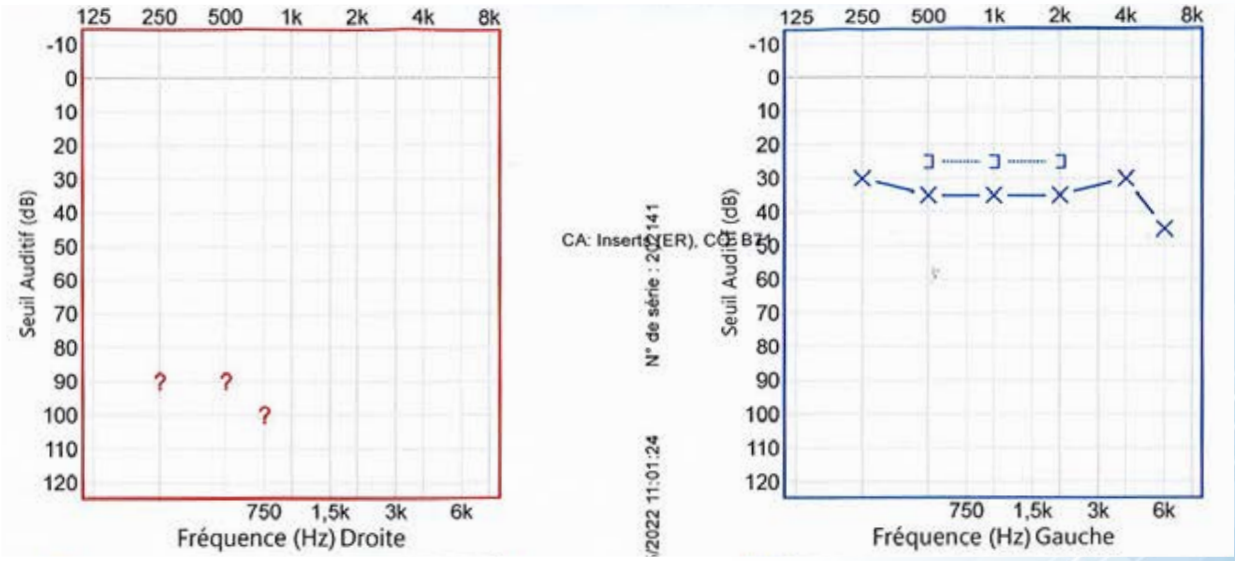
Comment l'interprétez-vous ?
Que proposez-vous dans l'immédiat ?

Il existe semble-t-il une dégradation de l'audition à gauche, mais les tympans sont anormaux, et il est difficile de reconnaître la participation liée à l'épanchement rétrotympanique. Il faut traiter l'otite séreuse et revoir rapidement Jérome pour savoir s'il existe réellement une dégradation de son audition gauche.

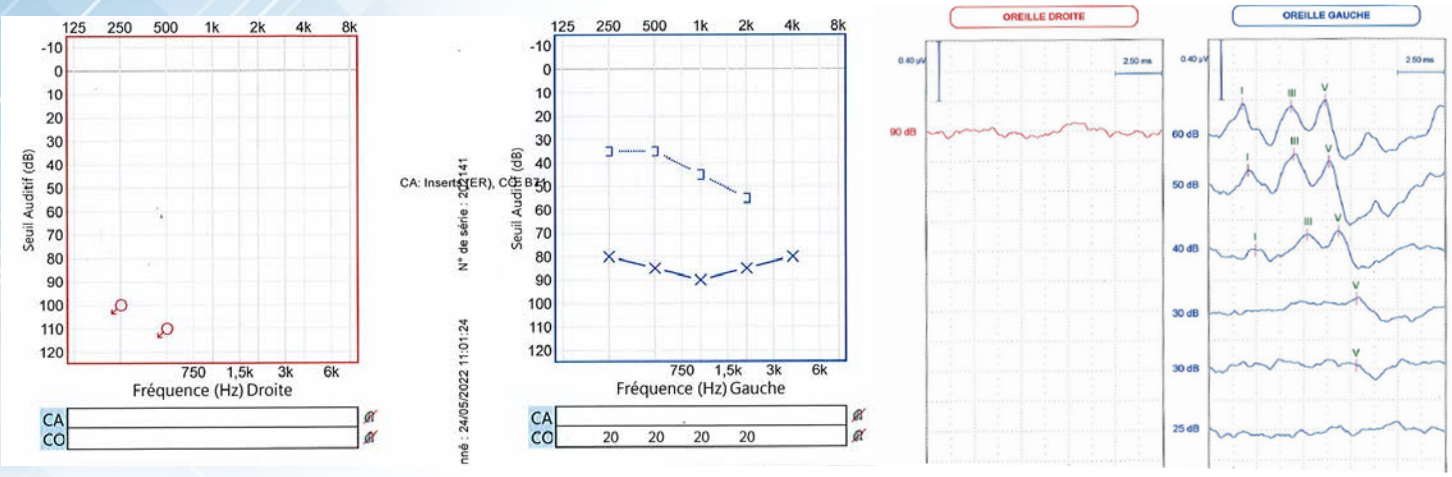
Vous revoyez Jérome un mois plus tard. Les tympans sont normalisés. L'examen auditif et les PEA sont les suivants. Que proposez-vous ? (Audiométrie n°2)

Les tracés des PEA sont de bonne qualité, bien synchronisés à droite, le train d'onde est présent à 60 dB, et l'onde V est la dernière à disparaître en se décalant vers la droite., sans facteur transmissionnel. Le seuil auditif obtenu par raréfaction de l'onde V en fonction de l'intensité est à 30 dB à gauche et à plus de 100 dB à droite.

Jérome a donc une surdité de perception droite profonde et légère à gauche. Il présente un retard de langage. Il faut proposer sans plus tarder un appareillage auditif bilatéral et une rééducation orthophonique [3].



AUDIOMÉTRIE n°1

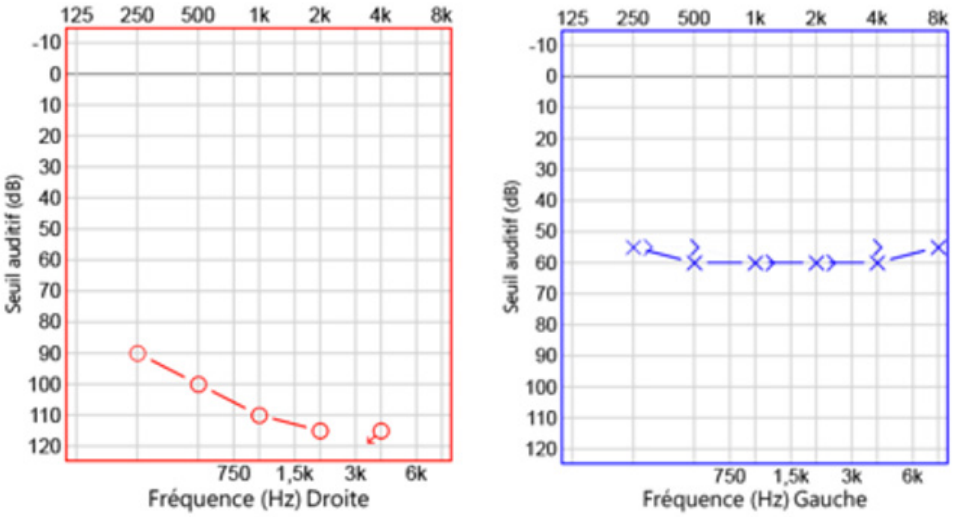


AUDIOMÉTRIE n°2

Vous revoyez Jérôme à 20 mois. Il n'est capable de dire que quelques mots (5 à 6 mots), et est en retrait dans toutes les activités à la crèche. Il a été appareillé depuis quelques mois.

Les divers audiogrammes ont montré des fluctuations auditives à gauche. Les tympans sont normaux. Le dernier audiogramme et les dernières PEA sont les suivants. Comment interprétez-vous ces résultats et que proposez-vous ?

Audiométrie (vocale impossible)



PEA

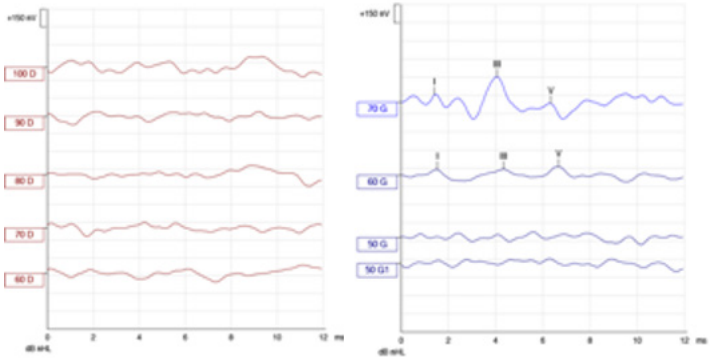


Tableau 3 : Indications Implant cochléaire de l'enfant / Implantation cochléaire UNILATERALE. Recommandation de la Haute Autorité de Santé (https://www.has-sante.fr)

1. Indications principales :

Surdités neurosensorielles (surdités de perception) bilatérales sévères à profondes, après échec ou inefficacité d'un appareillage acoustique conventionnel. Ces indications sont précisées comme suit :

- **§ Implantation unilatérale de l'enfant :**

> Âge de l'implantation :

- L'implantation doit être la plus précoce possible, sous réserve qu'un bilan complet de surdité, un accompagnement orthophonique et un essai prothétique aient été réalisés ;
- si l'enfant n'a pas développé d'appétence à la communication orale, dans le cas de la surdité congénitale profonde ou totale non évolutive, au-delà de 5 ans, il n'y a pas d'indication sauf cas particuliers examinés par le centre référent ;
- si l'enfant est entré dans une communication orale, il peut bénéficier d'une implantation quel que soit son âge, en particulier les adultes jeunes sourds congénitaux peuvent être implantés.

> Limites audiométriques indiquant l'implantation :

- Dans le cas d'une surdité profonde, l'implantation cochléaire est indiquée dès lors que le gain prothétique ne permet pas le développement du langage ;
- dans le cas d'une surdité sévère, l'implantation cochléaire est indiquée lorsque la discrimination des sons est inférieure ou égale à 50 % lors de la réalisation de tests d'audiométrie vocale adaptés à l'âge de l'enfant. Les tests doivent être pratiqués à 60 dB, en champ libre, avec des prothèses bien adaptées ;
- en cas de fluctuations, il y a indication à une implantation cochléaire lorsque les critères sus-cités sont atteints plusieurs fois par mois, et/ou lorsque les fluctuations retentissent sur le langage de l'enfant.

Les tracés des PEA sont de bonne qualité. Le seuil auditif est > à 100 dB à droite et à plus de 60 dB à gauche, les courbes audiométriques sont cohérentes avec les tracés des PEA. Il existe ce jour une surdité profonde droite et moyenne gauche.

Il existe de réelles fluctuations auditives sur cette oreille unique, entravant le développement de la parole et du langage. Jérome présente un profil auditif dans les indications d'implantation cochléaire (Tableau 3).

Jérome est implanté à l'âge de 22 mois, à droite, il porte un appareillage auditif à gauche.

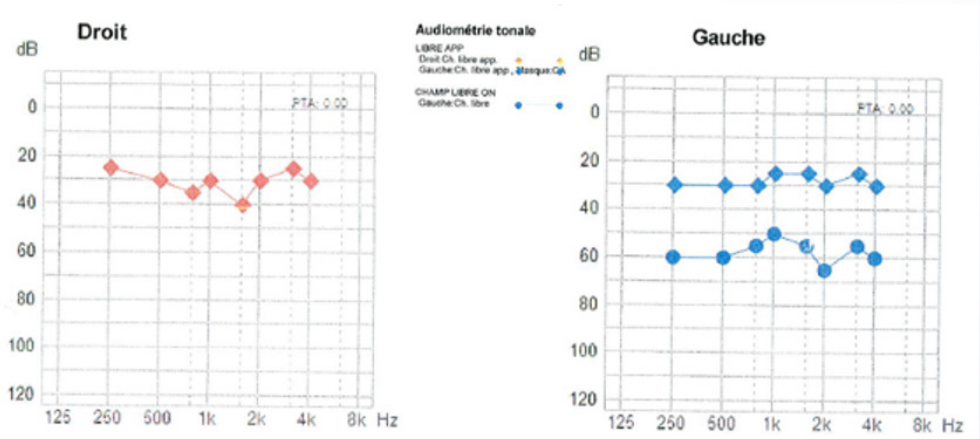
A 4 ans de recul de son implantation, Jérome porte à droite l'implant cochléaire, à gauche sa prothèse auditive. Il bénéficie d'une stimulation bimodale. Son bilan orthophonique montre 100% de reconnaissance de la parole en liste ouverte (Lafon Dissyllabique) à 55 dB, et une production orale naturelle et langage courant structuré.

CONCLUSION

En cas de surdité bilatérale asymétrique, l'entrée dans le langage oral doit guider les adaptations prothétiques et par la suite, également l'indication d'implantation cochléaire si nécessaire. La stimulation bimodale est très efficace lorsque le seuil auditif sur l'oreille la moins sourde est bien préservé. En cas de surdité sévère bilatérale ou sévère/profonde, il existe potentiellement d'emblée une indication d'implant cochléaire.

BIBLIOGRAPHIE

- *1. Arrêté du 23 avril 2012 relatif à l'organisation du dépistage de la surdité permanente néonatale*
- *2. Surdité de l'enfant : accompagnement des familles et suivi de l'enfant de 0 à 6 ans/hors accompagnement scolaire. Recommandations de bonne pratique. Haute Autorité de santé, décembre 2009*
- *3. La surdité de l'enfant : guide pratique à l'usage des parents - Institut national de prévention et d'éducation pour la santé - octobre 2005Le traitement de la surdité par implants cochléaires (https://www.has-sante.fr)*



UNE MODERNISATION NÉCESSAIRE DES PROFESSIONS DE LA FILIÈRE : RAPPORT DE L'IGAS (IGAS N°2021-064R)

Auteur
Arnaud COEZ
Audioprothésiste, Paris

L'inspection générale des affaires sociales (IGAS) a reçu en 2021 un ordre de mission du ministère des solidarités et de la Santé et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la recherche et de l'innovation. Le Collège National d'Audioprothèse a été consulté. Il pointe la formalisation insuffisante des parcours de soins et plaide pour une évolution rapide de la formation des ORL et des audioprothésistes. Les ajustements de la formation des ORL devraient prioritairement viser à renforcer l'attractivité de la pratique médicale de l'ORL en créant notamment au sein du Diplôme d'études spécialisées (DES) un parcours centré sur l'audiologie et les explorations fonctionnelles ainsi qu'une Formation spécifique transversale (FST) en audio-vestibulométrie.

DES ORL AU CŒUR DE LA FILIÈRE AUDITIVE

[94] L'Oto-rhino-laryngologie (ORL) est une des quatre spécialités médico-chirurgicales avec la chirurgie générale, la neuro-chirurgie et l'ophtalmologie. C'est aussi une spécialité très vaste : elle est consacrée aux anomalies de l'oreille, du nez et des sinus, de la gorge et du cou et s'intéresse ainsi à l'ouïe, à la voix, à la respiration, à l'odorat et au gout, à l'équilibre, et à l'esthétique du visage. Ce n'est pas une spécialité en accès direct, à la différence des ophtalmologistes pour certaines indications.

[95] En 2020, selon l'Observatoire national de la démographie des professions de santé (ONDPS) 2 809 médecins de moins de 70 ans en activité déclaraient avoir un exercice principal en ORL et chirurgie cervico-faciale. Cela représente seulement un peu plus de 1 % du total des médecins en activité et une densité de 4,2 ORL pour 100 000 habitants et de 15,7 ORL pour 100 000 habitants de 60 ans et plus – soit deux fois moins que les ophtalmologistes. L'âge moyen des ORL est de 51 ans et on ne compte parmi eux que 30 % de femmes, même si l'on assiste depuis quelques années à une féminisation forte et rapide de la profession.

[96] A la différence de ce qui se passe dans d'autres pays, les ORL ont tendance à se spécialiser dans leur exercice hospitalier. En ville, leur activité ORL est nécessairement plus diversifiée mais l'otologie représente une part importante, et semble-t-il en forte croissance, de l'activité des ORL libéraux (de l'ordre de 40 %). Ces derniers se consacrent également de façon croissante, depuis plusieurs années, à la prise en charge des pathologies du sommeil, de l'odorat et du goût. Selon la CNAM, les audiogrammes représentent, au total, entre 37 % et 39 % du volume total des actes effectués par les ORL (2,1 millions d'actes en 2019)[62]. Parmi les audiogrammes, les deux principaux actes sont les « audiométries tonales ou vocales[63] » (63 % du total), loin devant les « audiométries tonales avec tympanométries[64] ». Selon le Conseil national professionnel (CNP) d'ORL, l'activité chirurgicale diminue progressivement et devrait continuer à reculer au profit de la médecine préventive (par exemple le traitement des syndromes d'apnées obstructives du sommeil – SAHOS) et de la pratique médicale.

[97] En l'état du droit, l'ORL dispose du monopole de la primo-prescription et du renouvellement des aides auditives pour les enfants de six ans et moins[65], mais non pour les autres patients. Jusqu'au 1er janvier 2022, les médecins généralistes peuvent en effet prescrire à ces derniers des aides auditives. A partir de cette date, seuls ceux ayant suivi une formation en otologie médicale disposant d'un équipement adapté pourront réaliser des primo-prescriptions.

[98] Lors d'une primo-prescription, l'ORL indique, en principe, si l'appareillage envisagé doit être uni ou bilatéral et, dans le cas d'un appareillage unilatéral, les contre-indications éventuelles à l'appareillage pour la seconde oreille. Il indique également si l'appareillage correspond à une pathologie complexe. A la différence de l'ophtalmologiste, qui prescrit la correction requise (l'opticien-lunetier ne faisant que la mettre en œuvre), l'ORL ne se prononce pas sur le choix de telle ou telle aide auditive. C'est le rôle de l'audioprothésiste qui,

	Primo-prescription	Renouvellement
Age du patient > 6 ans	ORL MG + parcours en otologie	Tout médecin
Age du patient < 6 ans	ORL + formation spécifique	Tout ORL

Tableau 1 : Règles de prescription des aides auditives par les médecins selon l'âge du patient (Source : Arrêté du 14 novembre 2018)

Projection d'effectifs de médecins - DREES										
Hypothèses de projection : Scénario tendanciel Nombre d'étudiants admis en deuxième année d'étude médicale : 8 000 Flux de diplômés à l'étranger par an : 1 500 Âge de cessation d'activité ; Probabilités de départ actuelles (scénario tendanciel)										
	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040
ORL	2 662	2 574	2 516	2 461	2 464	2 510	2 557	2 615	2 702	2 789

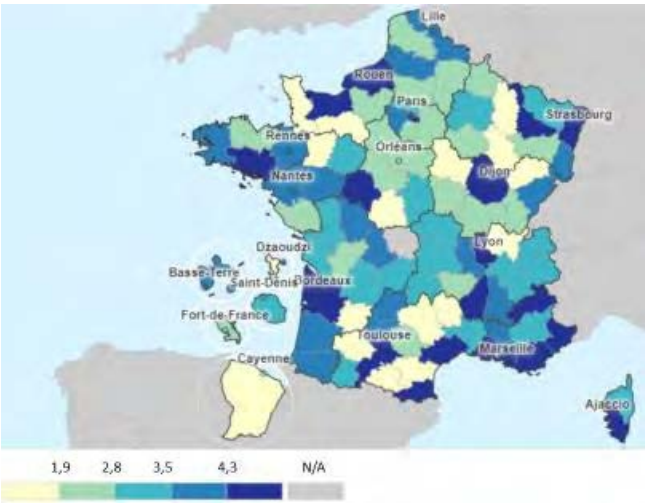
Tableau 2 : Projections d'effectifs d'ORL entre 2022 et 2040 (Source : DREES, 2015)

connaissant les appareils disponibles, la choisit en fonction du type de déficience, de l'environnement sonore du patient et qui effectue les réglages[66].

[99] En pratique, les ORL effectuaient avant le 100 % Santé environ 70 % des prescriptions d'aides auditives[67], la moitié de ces prescriptions concernant un renouvellement. Très peu d'ORL se spécialisent apparemment dans la prescription d'appareillages : 6 % seulement d'entre eux prescrivent plus de 31 aides auditives par an alors que près de 60 % en prescrivent entre 6 et 20 par an.

[100] Comme pour de nombreuses autres professions de santé, la démographie des ORL constitue une source de préoccupation en raison de plusieurs facteurs[68]. Selon des travaux déjà un peu anciens de la DREES, publiés en 2015, le nombre d'ORL en exercice devrait décroître sensiblement (-500) au cours de la décennie 2020 puis remonter lentement au cours de la décennie 2030 pour s'établir en 2040 à un niveau légèrement supérieur à celui atteint en 2022 (+130). Entre 2015 et 2040, les ORL seraient ainsi l'une des très rares spécialités à connaître une diminution du nombre de praticiens en activité (-5,1 %), avec les médecins du travail (-16,2 %) et les dermatologues (-12,7 %).

[101] Les enjeux démographiques sont accentués, dans la filière auditive, par le départ à la retraite de la génération des médecins titulaires de l'ancien Certificat d'études spécialisées (CES) et par l'évolution du profil et du mode de vie des nouveaux médecins – deux facteurs qui accélèrent la réduction du temps médical disponible en ORL.



TOME I - /IGESR N°2021-206 Carte 1 :
Densité des ORL par département en 2021
Carte 1 : Densité des ORL par département en 2021
(Source : CNOM)

[102] Du fait de la concentration des ORL dans quelques régions (45 % sont installés en Ile-de- France, PACA et Auvergne Rhône-Alpes), plusieurs départements comptent déjà très peu d'ORL exerçant en libéral, comme le montre la carte ci-dessous. La répartition départementale fait également apparaître, selon le Conseil national de l'ordre des médecins (CNOM), des situations de tension démographique, avec dans certains cas une proportion d'actifs retraités supérieure à 50 %.

[103] Cette situation est appelée à se dégrader au cours des prochaines années. Ainsi, selon les projections du CNOM, de nombreux départements comme l'Ain, la Gironde ou l'Yonne devraient connaître une situation alarmante en 2030.

[104] De fortes disparités dans la densité des ORL existent aussi à un niveau territorial plus fin, comme le montre le cas des Hauts-de-France. La concentration en cours de l'activité chirurgicale sur quelques gros plateaux techniques hospitaliers publics et privés va également contribuer à rendre encore plus inégale la répartition sur le territoire des ORL libéraux.

[105] Selon les données publiées par la Société française d'audiologie (SFA), les délais moyens de rendez-vous chez un ORL, bien que variables, demeuraient cependant raisonnables en 2019. Ils s'établissaient en effet à un mois pour 35 % des patients et à trois mois et plus pour 15 % des patients. Dans les villes avec une densité d'ORL élevée, comme Paris, ils ne dépassaient pas de deux à trois semaines mais pouvaient atteindre plusieurs mois dans des départements mal dotés comme la Lozère. Ils ne semblent pas, par ailleurs, avoir augmenté significativement depuis une dizaine d'années. Une étude IFOP/Jalma publiée en novembre 2014 indiquait, en effet, que le délai moyen de prise de rendez-vous chez les ORL libéraux était passé de 29 à 36 jours entre 2011 et 2014, un niveau équivalent à celui constaté aujourd'hui selon des données collectées par Doctolib à la demande de la mission.

[106] Ce délai est toutefois très variable selon les départements selon les données fournies à la mission par Doctolib. Il est compris, pour les rendez-vous pris en ligne, entre dix et quinze jours environ dans de petits départements ruraux (Ardennes, Aveyron, Aude...), autour de 20-25 jours à Paris et en banlieue ou dans le Var, plus de 50 jours dans l'Orne, l'Ardèche ou l'Eure-et-Loir, la Marne ou la Sarthe et atteint voire dépasse 80 jours en Isère ou en Savoie et même 100 jours et plus dans l'Ariège, en Haute-Saône et dans la Vienne. Des exemples de délais de l'ordre de six mois ont par ailleurs été fournis à la mission pour des villes comme Brest et Nantes.

UN DÉVELOPPEMENT NÉCESSAIRE DU TRAVAIL AIDÉ DES ORL, DES PROTOCOLES DE COOPÉRATION AVEC LES AUTRES PROFESSIONNELS ET DE LA TÉLÉ-AUDIOLOGIE

[107] Comme les ophtalmologistes dans le domaine visuel, les ORL sont attachés à demeurer les médecins de l'oreille en général

et à avoir une approche globale de leur patient afin d'assurer une qualité optimale des soins. L'ORL a vocation, selon le CNP d'ORL, à prendre en charge la surdité depuis le dépistage, qu'il organise, le diagnostic, qu'il réalise, le traitement, qu'il prescrit et qui peut être médical, audioprothétique ou chirurgical – jusqu'au suivi personnalisé.

[108] Toutefois, à la différence des ophtalmologistes, les ORL libéraux ont conservé dans l'ensemble un mode d'exercice essentiellement mono-site et font peu appel pour les seconder à d'autres professionnels de santé paramédicaux au sein ou en dehors de leur cabinet. Ils ont également limité pour l'instant les actes délégués ou transférés à d'autres professionnels. Ainsi, les ORL et les médecins en général restent seuls autorisés, en-dehors des audioprothésistes pour l'appareillage, à réaliser un audiogramme tonal et vocal depuis l'arrêté de 1962 repris par un arrêté d'avril 2007[69]. De même, seuls les médecins peuvent, en principe, extraire un bouchon de cérumen.

[109] Il n'existe pas non plus de protocole de coopération national ou local ni de protocole organisationnel en ORL. Ainsi, ni les orthophonistes ni les audioprothésistes ne jouent l'équivalent du rôle clé qu'ont pris au fil des ans les orthoptistes dans les cabinets d'ophtalmologistes pour réaliser les actes d'exploration fonctionnelle (audiogrammes, Potentiels évoqués auditifs – PEA, otoémissions...). Une telle perspective semble au demeurant peu réaliste concernant ces deux catégories de professionnels, dans la mesure où leurs représentants ne le souhaitent pas – les orthophonistes affirmant être débordés par leurs tâches actuelles et les audioprothésistes risquant d'être considérés comme étant en situation de conflit d'intérêts (cf. infra).

[110] Les représentants des ORL souhaitent toutefois s'engager désormais dans la voie du travail aidé dans leur cabinet ou à distance pour la réalisation d'examens simples, notamment les explorations fonctionnelles. Aux yeux du CNP ORL, les personnels ainsi formés seraient chargés d'assurer l'accueil et l'installation des patients, de veiller au bon fonctionnement et à l'entretien des transducteurs et appareils de mesure, de participer à la calibration de ces derniers et de réaliser sous supervision médicale des examens comme l'audiométrie tonale, l'audiométrie vocale, l'audiométrie vocale dans le silence et dans le bruit et l'impédancemétrie tympanique.

[111] Ils envisagent, pour cela,de recourir à un spectre très large de professionnels, en particulier de santé (infirmiers, puéricultrices, manipulateurs en électroradiologie, auxiliaires de puériculture et aides-soignants). Le Syndicat national des médecins spécialisés en ORL et chirurgie cervico-faciale (SNORL) a ainsi fait part à la mission d'un projet de création d'assistants médicaux. Il ne parait toutefois pas envisageable, dans l'immédiat, d'ouvrir aussi largement le champ des professionnels de santé susceptibles de se voir confier ces nouvelles activités. Afin de sécuriser la qualité des explorations fonctionnelles, le niveau de formation et de compétences des IDE serait adapté. Néanmoins, une telle ouverture ne pourrait a priori bénéficier qu'à un nombre aujourd'hui limité d'ORL libéraux, essentiellement ceux exerçant dans des cabinets de groupe et/ou Maisons de santé pluriprofessionnelles (MSP). Seuls ces derniers pourraient, en effet, disposer d'un volume d'activité suffisant pour rentabiliser un investissement dans des ressources humaines de ce niveau.

[112] Il devrait aussi être envisagé que certaines tâches, comme l'extraction des bouchons de cérumen, soient réalisées à l'avenir par des professionnels paramédicaux qualifiés et expérimentés (infirmiers), en priorité dans les zones de sous-densité médicale d'ORL.

Recommandation n°13 Favoriser le travail aidé en faveur des ORL libéraux et permettre la délégation de tâches simples des ORL aux infirmiers dans les zones sous-denses

[113] Si l'on veut que le travail aidé se développe, il conviendra aussi, en plus de la conclusion d'un ou de plusieurs protocoles de coopération et de l'évolution des textes réglementaires, de lever une partie des contraintes liées au modèle économique des ORL. En effet, l'activité de ces derniers ne leur permet manifestement pas, en l'état actuel de la nomenclature et des règles de cotation, de dégager, sauf exception, suffisamment de marges pour financer des assistants ou des collaborateurs dans leurs cabinets. De ce point de vue, le processus de révision générale de la nomenclature des actes médicaux, engagé récemment, ouvre une fenêtre d'opportunité pour les ORL, qui revendiquent d'une part l'amélioration de la tarification de l'audiométrie clinique et l'application d'un modificateur d'âge pour les nourrissons et les enfants, et d'autre part l'inscription à la nomenclature d'actes d'exploration fonctionnelle désormais assez répandus comme les Potentiels évoqués auditifs automatisés (PEAA), les ASSR (auditory steady-state responses) et les Otoémissions acoustiques automatisées (OEAA). Leurs revendications portent également sur l'évolution des règles de cumul de tarification des actes et des consultations, sur le modèle des ophtalmologistes.

[114] Il n'existe pas en ORL d'équivalent du protocole de télémédecine dit « Rottier » chez les ophtalmologistes70. Alors que l'otoscopie à distance est réalisable techniquement, la mission n'a pas eu non plus connaissance d'un déploiement significatif de télécabines pour des consultations à distance, notamment installées chez les audioprothésistes, comme il en existe pour les ophtalmologistes chez les opticiens, ni de plateforme de téléconsultations spécialisée en ORL comme il en existe également en ophtalmologie[71]. La priorité devrait être de développer les différents aspects de la télé-audiologie en ORL pour les personnes en situation de dépendance ainsi que dans les zones en sous-densité de médecins.

Recommandation n°14 Mettre en place des expérimentations pour soutenir le développement de la télé-audiologie, en commençant par les zones sous-denses et les EHPAD

	2018	2019	2020	Premier semestre 2021
Médecins généralistes	29,2 %	27,6 %	33 %	34,4 %
ORL	69,8 %	71,3 %	65,8 %	64,5 %
Autres spécialités	1%	1,1 %	1,2 %	1,2 %

Tableau 4 : Part des différents prescripteurs d'aides auditives (Source : Opérateur de tiers payant)

L'APPORT DES MÉDECINS GÉNÉRALISTES POUR LA PRESCRIPTION DES AIDES AUDITIVES

[115] Les médecins généralistes jouent, notamment en tant que médecins traitants et dans leur fonction de premier recours, de synthèse et de continuité, un rôle clé pour de très nombreux patients déficients auditifs, tant en matière de dépistage des troubles de l'audition que d'orientation vers l'ORL mais aussi de prescripteurs d'audioprothèses, en primo-prescription comme en renouvellement.

[116] De façon générale, les médecins généralistes accueillent de nombreux patients, en particulier âgés, souffrant de troubles de l'audition. Ils sont conduits de ce fait à orienter vers les ORL ceux qui présentent des pathologies auditives exigeant un avis spécialisé ou une exploration spécifique. Excessivement rares seraient toutefois les médecins généralistes équipés d'appareils permettant de réaliser des examens de l'audition dans les règles de l'art (audiométrie tonale, vocale dans le silence et dans le bruit), pour des raisons évidentes de coût.

[117] Selon les textes en vigueur, les médecins généralistes peuvent prescrire des audioprothèses pour tous les enfants de plus de six ans et pour tous les adultes, soit en primo-prescription soit dans le cadre d'une prescription de renouvellement. En pratique, selon des données de la CNAM, 34 600 médecins généralistes sur les quelques 100 000 généralistes installés en ville, soit plus du tiers d'entre eux, ont effectivement primo-prescrit des audioprothèses en 2019, à 84 000 patients au total. Deux-tiers des généralistes ont primo-prescrit des audioprothèses à un ou deux patients seulement et 90 % en ont prescrit à quatre patients au maximum. Selon un acteur important du marché du tiers payant, les médecins généralistes prescrivaient, en 2019, 27,6 % de la totalité des aides auditives. Cette part aurait, en outre, continué à croître depuis lors puisque plus de 34 % des aides auditives auraient été prescrites par des médecins généralistes au cours du premier semestre 2021.

[118] Selon des données présentées par la Commission d'évaluation des dispositifs médicaux et des technologies de santé (CNEDIMTS) dans le cadre de son avis du 9 octobre 2018[72], 25 % des aides auditives étaient alors primo-prescrites par des médecins non ORL, dont 23 % par des médecins généralistes. Selon un sondage du SDA auprès de plusieurs de ses membres à la demande de la mission[73], les médecins généralistes auraient prescrit près d'un tiers des aides auditives au cours des premiers mois de l'année 2021. Concernant les primo-appareillages, les médecins généralistes représentaient encore environ un quart des prescriptions.

[119] Le rôle joué par les médecins généralistes dans la primoprescription d'audioprothèses devrait être drastiquement restreint si les dispositions prévues en 2018 dans le cadre du 100 % Santé entraient effectivement en vigueur au 1er janvier 2022, après deux reports successifs. Celles-ci, longuement et difficilement négociées entre le CNP ORL et le Collège de médecine générale (CMG), prévoient en effet que les médecins généralistes ne pourront désormais primo-prescrire aux adultes de plus de 60 ans que s'ils justifient de la participation à l'intégralité d'un programme de Développement professionnel continu (DPC), validé par l'Agence nationale du DPC (ANDPC) et respectant des règles communes élaborées et recommandées par le CNP d'ORL et le CMG, et s'ils disposent d'un équipement adéquat.

[120] En pratique, le parcours prévu par l'accord CNP d'ORL-CMG n'a pas été validé à ce stade par l'ANDPC ni mis en œuvre. Aucun médecin généraliste ne répond donc à ce jour aux critères qu'il pose. Et les différentes parties prenantes se renvoient la responsabilité de la situation de blocage[74]. La question se pose pourtant d'un nouveau report de l'échéance d'entrée en vigueur du dispositif au 1er janvier 2022 car une application stricte du protocole entrainerait une réduction soudaine du nombre de primo-prescripteurs d'audioprothèses, qui serait divisé par dix, et un allongement probable des délais de prises de rendez-vous.

[121] Un report de l'entrée en vigueur de l'accord devrait intervenir jusqu'au moment où un nombre significatif – à établir de façon concertée - de médecins généralistes aura été formé. Il convient aussi de mettre en place le plus rapidement possible les formations adaptées et de prévoir le financement public de tout ou partie des équipements d'exploration fonctionnelle nécessaires chez les médecins généralistes.

Recommandation n°15 Reporter la date d'entrée en vigueur de l'obligation, pour les médecins généralistes, d'une formation en otologie médicale jusqu'à ce qu'un nombre suffisant d'entre eux.

DES AJUSTEMENTS SOUHAITABLES DE LA FORMATION DES ORL

UNE FORMATION PRINCIPALEMENT TOURNÉE VERS LA PRATIQUE CHIRURGICALE

L'ORL-Chirurgie cervico-faciale (CCF) fait partie, depuis la réforme du troisième cycle des études de santé dans les années quatre-vingt, des spécialités médico-chirurgicales[75]. La profession considère cette double valence comme un acquis auquel elle est majoritairement attachée et ne semble pas disposée à revenir à la situation antérieure, dans laquelle les activités médicale et chirurgicale relevaient de deux formations et de deux exercices distincts. Pour autant, de nombreux interlocuteurs de la mission estiment que la place occupée par la chirurgie dans les enseignements théoriques et dans les stages tend à détourner de la spécialité des étudiants attirés plutôt par la pratique médicale. Or, celle-ci représente une part importante de l'activité des ORL, en particulier libéraux. Elle tend par ailleurs à s'accroître du fait du développement d'alternatives à la chirurgie, alors que le nombre de praticiens spécialisés en audiologie et en explorations fonctionnelles ne cesse de diminuer du fait du départ à la retraite des titulaires du Certificat d'études spécialisées (CES), dont la suppression en 1984 a réduit le vivier d'ORL médicaux en faisant de l'internat la seule voie de spécialisation.

[161] La formation des ORL, comme celle des autres spécialités médicales, dure douze ans et comprend plusieurs étapes. Dès le deuxième cycle des études médicales, la préparation du Diplôme de formation approfondie en sciences médicales (DFASM) permet d'acquérir des connaissances fondamentales en ORL. Sur les vingt items au programme, quatre sont plus particulièrement dédiés aux troubles de l'audition : « Altération de la fonction auditive – dépistage des troubles auditifs chez l'enfant », « Evaluation clinique d'un handicap sensoriel, la surdité », « Déficit neurosensoriel chez le sujet âgé » et « Otites infectieuses ». Le troisième cycle, d'une durée de six ans, est consacré à la préparation du Diplôme d'études spécialisées (DES) d'ORL-Chirurgie cervico-faciale (CCF), qui permet d'acquérir les compétences nécessaires à l'exercice de la spécialité. En 2020, 8 820 étudiants ont passé avec succès les épreuves classantes nationales (ECN), à l'issue desquelles étaient proposés 81 postes dans la discipline ORL-CCF, qui se situait au sixième rang des spécialités les plus demandées. La maquette de la formation, modifiée en 2017, définit une phase socle (un an), une phase d'approfondissement (trois ans) et une phase de consolidation (deux ans).

	2017	2018	2019	2020	2021
Nb de postes ouverts	77	81	79	81	83
Nb d'inscrits	77	81	79	81	83
Rangs limites	174–5 158	56-3 254	88–3 447	65-3 289	94-3 518

Tableau 6 : Evolution de la spécialité ORL-CFF aux Epreuves classantes nationales (Source : Centre national de gestion des praticiens hospitaliers et des personnels de direction de la fonction publique hospitalière).

[162] La formation couvre l'ensemble du champ correspondant à la spécialité (pathologies de l'oreille, des cavités rhino-sinusiennes, de la face et du cou, des voies aéro-digestives supérieures, oncologie appliqués à l'oto-rhino-laryngologie). Elle est centrée sur la pratique chirurgicale mais permet d'acquérir des connaissances de base dans le domaine de l'audiologie (explorations fonctionnelles en ORL, pathologies de l'oreille, audiophonologie). Les futurs ORL sont par ailleurs formés à l'approche pluridisciplinaire des problèmes de santé en ORL et à la prise en charge coordonnée des patients avec les pédiatres, gériatres, médecins généralistes, audioprothésistes, orthophonistes et kinésithérapeutes.

[163] Les compétences spécifiques acquises lors de la phase d'approfondissement, au-delà du diagnostic des pathologies courantes et de leur prise en charge thérapeutique, sont de nature essentiellement chirurgicale mais incluent les actes d'audiométrie, d'otologie et d'exploration vestibulaire. Sur les 15 domaines principaux abordés au cours de cette phase, trois concernent directement les questions d'audition (explorations fonctionnelles en ORL, pathologies de l'oreille, audiophonologie et phoniatrie)[76].

[164] Les étudiants inscrits au DES peuvent également suivre une option « Audiophonologie » d'une durée de deux semestres. Celle-ci permet aux futurs ORL qui se destinent plus particulièrement à l'exercice médical de la spécialité de se former au dépistage et à la prévention des troubles auditifs, à l'approche clinique et aux explorations audio-vestibulaires chez l'adulte et chez l'enfant, ainsi qu'à la prise en charge thérapeutique et à la coordination des professionnels intervenant dans le parcours de soins – en identifiant les pathologies ne relevant pas d'une réhabilitation prothétique ou chirurgicale, les indications et contre-indications des différents types de réhabilitation (chirurgie de l'oreille moyenne, prothèses auditives conventionnelles ou implantables) et les freins potentiels à l'appareillage audio-prothétique.

[165] Les places ouvertes dans cette option représentent environ un tiers des places en ORL[77] mais ne sont pas toutes pourvues. Seuls 10 % à 15 % des inscrits au DES choisissent en effet cette voie[78], qui prépare à l'exercice médical de la spécialité.

UNE AUGMENTATION SOUHAITABLE DU NOMBRE D'ORL SE DESTINANT À L'EXERCICE MÉDICAL DE LA SPÉCIALITÉ

[166] Le nombre d'étudiants formés en ORL-CCF est stable depuis plusieurs années. La mise en place du 100 % Santé ne s'est pas accompagnée d'une augmentation du nombre de places ouvertes dans le DES (83 en 2021, contre 81 en 2018)[79]. Seule une partie des internes en ORL-CCF se spécialisent par ailleurs dans les troubles de l'audition et, parmi ces derniers, dans la prise en charge médicale des patients.

[167] Cette situation conduit à s'interroger sur la couverture des besoins en matière de prise en charge des troubles de l'audition et notamment des cas de presbyacousie. Si certains représentants de la profession considèrent que celle-ci est en mesure de faire face à l'augmentation de la demande, la plupart soulignent la nécessité de renforcer l'attractivité de l'ORL médicale en agissant à la fois sur le contenu de la formation et sur ses débouchés.

[168] Il conviendrait en premier lieu de renforcer l'attractivité de l'option « Audiophonologie ». Le président du Collège d'ORL-CCF a ainsi adressé en mars 2021 au comité de suivi de la réforme du 3ème cycle des études de santé une demande de révision de la maquette du DES visant à créer au sein de ce dernier un parcours davantage centré sur la dimension médicale de la spécialité, afin d'attirer des étudiants intéressés par cette option sans remettre en question la double valence médico- chirurgicale de la formation et du diplôme.

[169] La création d'une formation spécifique transversale (FST) en audio-vestibulométrie d'une durée de deux semestres, accessible à l'issue du quatrième ou du sixième semestre du troisième cycle, permettrait par ailleurs à des internes issus d'autres spécialités de se former à la pratique de l'audiologie, élargissant ainsi au-delà des seuls ORL le nombre de praticiens susceptibles de traiter les cas de presbyacousie et de prescrire le cas échéant des aides auditives. Cette mesure, qui permettrait de former cinq à dix praticiens chaque année, ne résoudrait toutefois que très partiellement les difficultés d'accès à un spécialiste des troubles de l'audition.

[170] L'attractivité de la pratique médicale en ORL dépend également des perspectives de carrière offertes tant à l'hôpital qu'à l'université. Or, les postes proposés à l'issue de l'internat sont aujourd'hui principalement dédiés à l'exercice de la chirurgie. Tous les interlocuteurs de la mission considèrent que l'ouverture, si possible dans chaque Centre hospitalo-universitaire (CHU), d'au moins un poste de chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux (CCU-AH) à des internes en ORL qui ne se destineraient pas principalement à la chirurgie serait de nature à revaloriser le volet médical de la spécialité. Cette mesure devrait s'accompagner de la création de postes de maitres de conférence – praticiens hospitaliers (MCU – PH) et de professeurs des universités – praticiens hospitaliers (PUPH), de façon à ouvrir la carrière universitaire aux ORL spécialisés en audiologie et en explorations fonctionnelles, à conforter les capacités de formation et à dynamiser la recherche française dans le domaine de l'audition et de l'audioprothèse en faisant le lien entre l'acoustique, la psycho-acoustique et leurs applications médicales.

Recommandation n°21 Renforcer l'attractivité de la pratique médicale de l'ORL en créant au sein du DES un parcours centré sur l'audiologie et les explorations fonctionnelles ainsi qu'une FST en audio-vestibulométrie

Recommandation n°22 Développer une filière médicale en ORL via la création de postes de post- internat et d'enseignants-chercheurs spécialisés en audiologie

NOTES

- 62. Les données de 2020 ne sont pas représentatives.
- 63. Code de la Classification commune des actes médicaux (CCAM) : CDQP00210.
- 64. Code CCAM : CDQP01510.
- 65. Pour la primo-prescription des patients de moins de six ans, l'ORL doit avoir suivi une formation spécifique.
- 66. Le rôle relativement effacé de l'ORL par rapport à celui de l'ophtalmologiste tiendrait au caractère historiquement très peu sophistiqué des aides auditives.
- 67. Source : opérateur de tiers-payant (cf. infra, 2.2.1.4 pour les données détaillées).
- 68. De façon générale, les projections démographiques à moyen-long terme sont difficiles à établir tant les paramètres sont nombreux : nombre d'étudiants admis en deuxième année et sortant de leurs études de médecine pour exercer comme ORL, évolution de l'âge de cessation d'activité, reprise d'activité partielle à la retraite, nombre de médecins étrangers s'installant en France... En outre, la profession d'ORL n'a pas donné lieu à des travaux spécifiques à la différence d'autres spécialités (ophtalmologistes par exemple).
- 69. Arrêté du 13 avril 2007 modifiant l'arrêté du 6 janvier 1962 fixant la liste des actes médicaux ne pouvant être pratiqués que par des médecins ou pouvant être pratiqués également par des auxiliaires médicaux ou par des directeurs de laboratoire d'analyses médicales non médecins. Cette règle connaît manifestement des exceptions dans le secteur libéral comme un membre de la mission a pu le constater lors d'une consultation chez un ORL en ville.
- 70. La CNAM a évoqué devant la mission un protocole concernant des audiogrammes à distance pour la pose d'implants cochléaires.
- 71. Une telle expérience, menée par une startup récemment rachetée par WSA Audiology avec le réseau de soins Santéclair, a fait l'objet des critiques d'un certain nombre de représentants de la filière.
- 72. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-10/aides_auditives_avis.pdf
- 73. 13 centres répartis sur l'ensemble de la France ont été sondés sur leur activité des six premiers mois de l'année 2021, représentant 1 496 prescriptions.
- 74. Le CNP ORL a indiqué à la mission avoir proposé au CMG de mettre à contribution ses organismes de formation pour l'élaboration du programme prévu par leur accord avec le CMG, sans que ces derniers aient apparemment retenu cette possibilité.
- 75. L'Ophtalmologie et l'ORL-CCF sont des spécialités médico-chirurgicales, dans la mesure où il n'existe pas de spécialité médicale correspondante, contrairement à d'autres spécialités comme la Gynécologie obstétrique, la Chirurgie thoracique et cardiovasculaire ou la Chirurgie viscérale et digestive, auxquelles correspond une spécialité médicale (Gynécologie médicale, Médecine cardiovasculaire, Hépato-gastro-entérologie).
- 76. La phase socle comporte deux stages, l'un dans un lieu hospitalier agréé à titre principal en ORL-CCF dans un secteur hors explorations fonctionnelles, l'autre dans un service chirurgical hors ORL. La possibilité de mettre en application les gestes techniques d'explorations fonctionnelles compte toutefois parmi les critères d'agrément de ces stages. La phase d'approfondissement prévoit quatre stages en milieu hospitalier, dont un au moins dans le secteur d'explorations fonctionnelles, auxquels s'ajoutent un stage dans un service de chirurgie non principalement ORL et un stage libre.
- 77. 21 places sur 79 en 2019, 29 places sur 83 en 2021.
- 78. 11 sur 74 inscrits au DES d'ORL en 2017, 6 sur 73 en 2018. Le nombre d'inscrits au DES ayant choisi l'option « Audiophonologie » n'est pas encore connu pour les promotions 2019, 2020 et 2021.
- 79. On peut toutefois s'attendre à une augmentation du nombre d'ORL, comme du nombre de médecins formés en général, à partir de 2026.

"Pour mon installation j'ai trouvé la bonne enseigne la mienne"

François Leliépault
Audioprothésiste indépendant à Vire (14)

Dyapason accompagne les audioprothésistes indépendants de l'étude de marché jusqu'à l'animation de leur enseigne :

- → **Une assistance active à chaque étape de votre installation**
- → **D'excellentes conditions d'achats**
- → **Des conseils réguliers pour une meilleure gestion**
- → **Des outils marketing pour votre développement**
- → **Un partage d'expérience entre les membres**

dyapason
AUDIOPROTHÉSISTES PAR PASSION

laboratoire certifié

Rejoignez-nous !
Envoyez votre demande d'adhésion sur :
https://dyapason.audio/adherer-dyapason

> *Acceptation sous réserve de conformité à la charte qualité Dyapason*

Création Agence FBSD — Tous droits réservés 2021

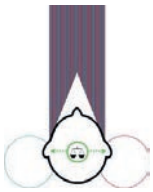
CONNAISSEZ-VOUS BIEN VOS GAMMES GN RESOUND ?

L'Ultra Focus contrôlé par l'utilisateur utilise le puissant faisceau directionnel combiné des deux aides auditives pour l'aider à se concentrer sur la personne devant lui. Lorsqu'il a besoin d'une aide supplémentaire dans des environnements très bruyants, cela améliore de 30% la compréhension de la parole par rapport à Directivité All Access. Ultra Focus donne la priorité au son provenant du côté avec le moins de bruit pour rendre le discours aussi clair que possible. Cette caractéristique unique offre une amélioration du rapport signal / bruit jusqu'à 1,5 dB lorsque le bruit est plus fort d'un côté. Alors que la parole est rendue plus claire, Ultra Focus peut toujours aider les patients à maintenir des repères spatiaux autour d'eux, en appliquant la directivité uniquement sur les fréquences de la parole, et en gardant les fréquences graves et aigües pour surveiller l'environnement.

Ultra Focus™

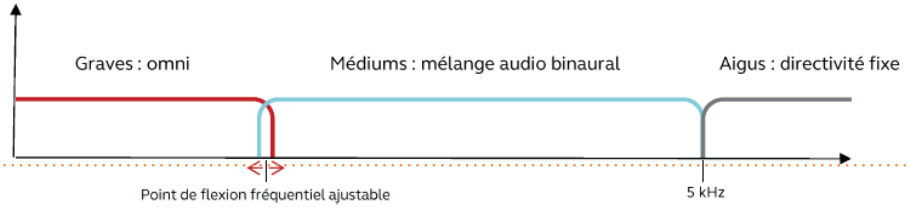
Rôle : Activer un faisceau directionnel très étroit en évitant l'effet «tunnel».
Choix : programme Ultra Focus **Disponibilité : ONE 9**
Le programme Ultra Focus n'est disponible que lorsque deux appareils sont connectés. Ultra Focus repose sur deux technologies, appliquées conjointement : un **mélange audio binaural** (Binaural Beamformer) et une **stratégie d'amplification multi bandes.**

Mélange Audio Binaural
3 modes possibles choisis automatiquement après analyse de l'environnement :

Mode choisi par l'Environmental Classifier	Raison du choix	Illustration
Mélange sans atténuation gauche/droite	Pas de bruit de fond, ou bruit de fond au même niveau sonore des deux côtés	
Mélange avec atténuation à droite	Plus de bruit côté droit	
Mélange avec atténuation à gauche	Plus de bruit côté gauche	

Amplification multi bandes :
2 points de flexion fréquentiels sont utilisés : un deuxième est ajouté à 5 kHz

illustration



SIGNIA AX UPGRADE : AMÉLIORATION DES PERFORMANCES

La plateforme Signia AX, lancée en octobre 2021, a révolutionné l'approche du traitement du signal, en permettant une gestion indépendante du signal utile du reste de l'environnement sonore, et ce, à l'aide de deux unités de traitement distinctes. Les améliorations de performance apportées par cette plateforme AX ont été montrées dans de multiples articles, que ce soit en termes de **préférence patient** [1], d'**amélioration du rapport Signal Bruit** [2] ou encore d'augmentation du **niveau de bruit acceptable par le patient** [2].

Auteur
Mikaël MÉNARD
Responsable de formation et d'application

Au mois de mai 2022, cette plateforme s'est vu complétée par de nouvelles fonctionnalités gratuitement disponibles à l'aide d'une mise à jour des appareils, tirant parti de ce traitement distinct des flux de parole, de bruit et du Streaming Bluetooth®.

Parmi ces nouveautés, on retrouve la fonction Own Voice Processing 2.0 (OVP 2.0) permettant une amélioration de la perception de la propre voix du patient tout en conservant un environnement stable et la fonction Auto EchoShield réduisant automatiquement les réverbérations gênantes pour le patient.

Afin d'évaluer l'impact de ces 2 nouvelles fonctionnalités, une étude spécifique a été réalisée dans un laboratoire indépendant d'audioprothèse à Oldenburg en Allemagne.

TEST EN LABORATOIRE

Méthode

26 personnes (13 hommes, 13 femmes) déjà appareillées et âgées en moyenne de 73,3 ans (entre 58 et 82 ans) ont été recrutées pour cette étude. Ces participants présentaient tous un audiogramme du même type, comme on peut le voir en figure 1, et ce, afin de s'assurer que leur perception et leur évaluation soient la même ou très proche.

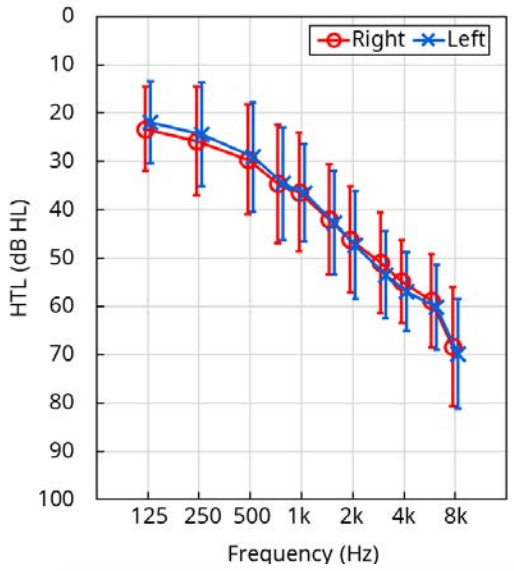


Figure 1 : Audiogramme moyen, oreille droite et gauche, des participants à cette étude.

Au cours de cette étude, les participants étaient amenés à écouter des enregistrements réalisés en laboratoire à l'aide de 5 haut-parleurs, reproduisant un environnement d'église. La scène sonore était composée uniquement d'un sermon prononcé par une voix d'homme dans une large église avec un temps de réverbération d'approximativement 3,5 secondes. Ces enregistrements ont été réalisés à travers un Kemar adapté bilatéralement d'appareils en dômes fermés. 3 enregistrements différents ont été réalisés avec les appareils suivants :

1. Appareils Signia AX, avec Auto EchoShield activé, préréglés en utilisant la formule AXFit
2. Appareils Signia AX, sans Auto Echoshield, préréglés en NAL-NL2 avec des compressions rapides, sans le double traitement de AX
3. Appareils d'un autre fabricant (fabricant A), préréglés avec la formule du fabricant avec tous les traitements activés par défaut.

Les enregistrements ont tous débuté après 45 secondes de stimulation afin que les traitements des aides auditives aient le temps de s'adapter à la scène auditive présentée. Les 3 enregistrements ont été ensuite normalisés en intensité et synchronisé. La durée de chaque enregistrement est de 20 secondes.

Pendant le test, les participants écoutaient les enregistrements à l'aide d'un casque Sennheiser HD 650. Ils avaient la possibilité, au début du test, d'ajuster le volume global à leur convenance,ce volume restant alors identique pour toute la durée du test.

Les participants étaient amenés à évaluer la perception de la réverbération et de la qualité de la voix sur une échelle allant de 0 à 100 pour chacun des enregistrements. Une note élevée pour la perception de la réverbération est donc un mauvais résultat alors qu'inversement, une note élevée pour la qualité de la voix est un bon résultat. Réverbération et qualité de la voix étaient évaluées l'un après l'autre de manière aléatoire. Pendant l'évaluation, les participants pouvaient basculer d'une condition (AX avec Auto EchoShield, formule traditionnelle, appareils concurrents) à un autre et noter, à l'aide d'un slider sur un écran, le score à attribuer pour chacun des 3 enregistrements.

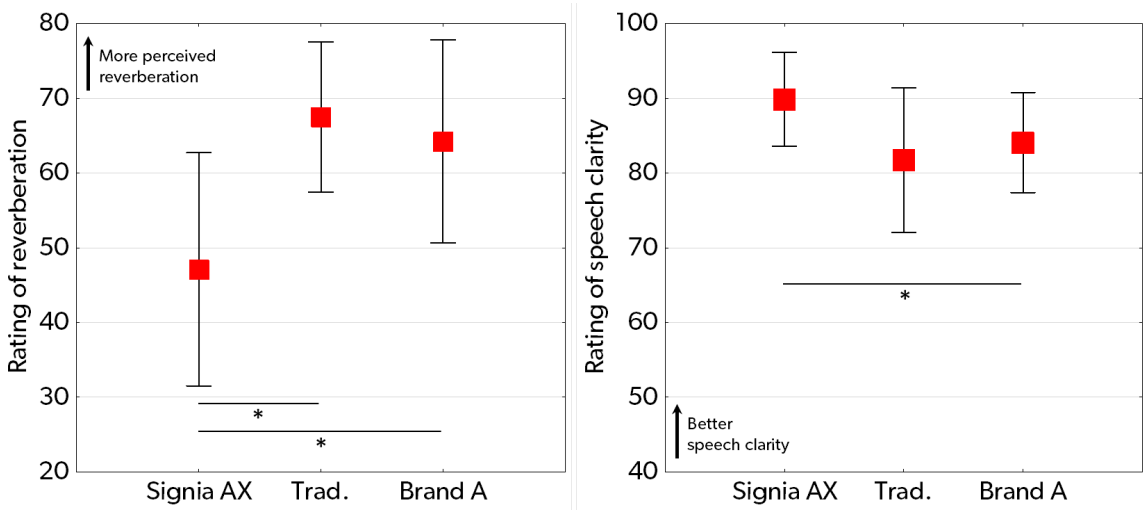


Figure 2 : Évaluation moyenne de la réverbération à gauche et de la clarté de la voix à droite pour chacune des 3 conditions (Signia AX avec Auto EchoShield, traitement traditionnel et appareil concurrent). Les barres d'erreurs montrent les intervalles de confiance à 95%. Les astérisques montrent les différences significatives (p<0.05).

Résultats

Les résultats des tests d'écoute au casque sont regroupés sur la figure n°2.

Le graphique ci-dessus, à gauche représente la perception moyenne de la réverbération perçue pour les 3 conditions d'appareillage ci-dessus, une notation haute de ce niveau de perception indiquant un fort niveau de réverbération et donc plus de gêne pour les participants. Sur ce graphique, on peut voir nettement une différence entre les appareils Signia AX et la fonction Auto EchoShield activée comparativement aux 2 autres conditions avec environ 20 points d'écart sur l'échelle d'évaluation utilisée allant de 0 à 100. Les différences étant statistiquement significative (p<0.01) avec un test Wilcoxon de paires appariées.

Le graphique de droite sur la figure n°2 montre l'évaluation moyenne des participants par rapport à la clarté de la voix perçue. La meilleure qualité de voix perçue est obtenue avec la configuration Signia AX et un score de 90 sur l'échelle de 100. Bien que les évaluations moyennes obtenues dans les 2 autres conditions soient également élevées, elles sont, malgré tout, plus faibles que celle obtenues avec AX en première condition (10% et 7%). La différence est ici significative uniquement entre la condition Signia AX et l'appareil concurrent (p<0.05 test Wilcoxon de paires appariées).

Les évaluations moyennes obtenues en environnements réverbérants de type église nous montrent bien comment la fonction Auto EchoShield peut réduire les phénomènes de réverbération. Cette réduction s'accompagne également d'une amélioration de la qualité de voix perçue, comme étant plus confortable et plus facile à suivre. Les bénéfices supplémentaires seront approfondis dans la suite de l'étude.

TEST EN CONDITION RÉELLE

Pour évaluer les effets d'Auto EchoShield en conditions réelles, une partie des participants a été exposée à des environnements réverbérants et non réverbérants. De plus, dans cette partie de l'étude, une évaluation du système OVP 2.0 a également été réalisée.

Méthode

Ce test, en conditions réelles, inclut 17 des participants de l'étude précédente. Ils étaient tous appareillés avec des appareils Signia Pure C&Go AX RIC avec Auto EchoShield et OVP 2.0 activé en utilisant des dômes power. Les aides auditives étaient préréglées à la perte des patients en utilisant la formule de préréglage AXFit. Pendant l'appareillage, l'apprentissage de la voix du patient a été réalisé afin que le système OVP 2.0 puisse fonctionner. Les participants étaient encouragés à utiliser les appareils avec le réglage effectué par l'audioprothésiste, cependant, ils pouvaient agir sur le réglage de volume. Immédiatement après le réglage des appareils, un questionnaire d'acceptation était proposé aux participants à propos de la qualité du son de leur propre voix ainsi que de la voix de l'expérimentateur sur une échelle de 4 points. Dans l'analyse des résultats, les questions ont été combinées afin de répondre à différents sujets. Par exemple, l'évaluation globale de la perception de la propre voix des participants est la combinaison de 3 questions portant sur la propre voix des participants. Afin de faciliter l'interprétation, l'évaluation moyenne a été transformée en une échelle d'évaluation sur 10 points, avec un score haut représentant un haut niveau de satisfaction.

Dans un programme numéro 2, un réglage traditionnel en NAL-NL2 sans Auto EchoShield, sans OVP 2.0 et sans le double traitement de AX était proposé. Les 2 programmes étant assignés de manière aléatoire aux participants, sans expliquer les différences entre ces 2 programmes.

Les participants étaient alors guidés par groupe de 3 avec 2 expérimentateurs dans un parcours les faisant circuler à pied dans différents environnements. Dans le premier environnement, un environnement réverbérant, les participants étaient amenés à comparer entre le programme 1 et le programme 2, la qualité de la voix des expérimentateurs, de leur compréhension, de l'effort d'écoute, de la perception de la pièce, le confort d'écoute et la satisfaction générale. Les participants devaient alors noter sur une échelle allant de -5 (programme 1 : bien meilleur) à +5 (programme 2 : bien meilleur) la comparaison entre les 2 programmes. En environnement intérieur, du fait du Covid et du port du masque, la fonction OVP 2.0 n'a pas pu être testée.

L'évaluation de l'efficacité du traitement OVP 2.0 sur la perception de leur propre voix était, quant à elle, évaluée dans un jardin situé à côté du premier environnement. Le jardin était un environnement calme avec un léger bruit d'ambiance et très peu de réverbérations. Dans cet environnement extérieur, les participants devaient évaluer, comme dans la situation intérieure précédente, sur une échelle de -5 à +5 leur préférence

entre les 2 programmes d'écoute. Dans cet environnement, étaient évalués la qualité de la propre voix, la perception de l'environnement, l'effort d'écoute, le confort et la satisfaction.

Résultats (Test en conditions réelles)

Sur la figure n°3 sont représentées les préférences moyennes de participants pour 6 thèmes différents entre le programme avec Auto EchoShield et le programme traditionnel dans l'environnement réverbérant. Comme on peut le voir, la préférence des participants va vers le programme avec Auto EchoShield quel que soit le thème questionné.

Le bénéfice moyen se situe entre 1 et 2 points d'amélioration en faveur du programme avec Auto EchoShield statistiquement significatif ($p<0.05$ pour les 6 thèmes). Plus précisément, la qualité de la voix et la compréhension de la voix, sont les 2 thèmes où la comparaison est la plus élevée.

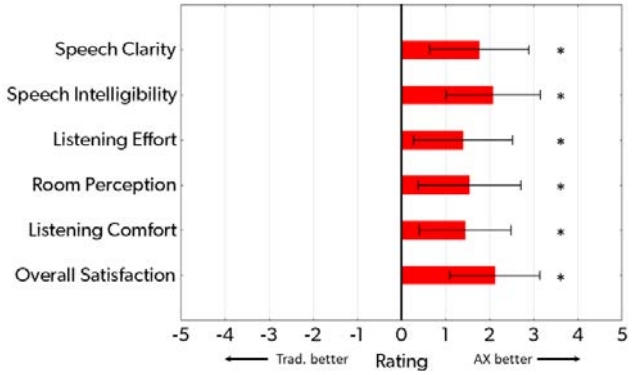


Figure 3 : Évaluation moyenne de la préférence des participants entre le programme AX avec Auto EchoShield vs programme traditionnel, pour 6 thématiques différentes (clarté de la voix, compréhension de la voix, effort d'écoute, perception de la pièce, confort d'écoute, satisfaction globale) dans un environnement réverbérant. Les scores positifs indiquent une préférence vers le programme AX avec Auto EchoShield, la position « 0 » indique aucune différence entre les 2 programmes. La barre d'erreur montre l'intervalle d'erreur à 95%. Les astérisques montrent les différences significatives (p<0.05).

La figure 4 illustre, quant à elle, les préférences des participants obtenues dans l'environnement extérieur du jardin. À nouveau, on peut voir la préférence pour le programme AX par rapport au programme traditionnel. Cependant, la différence est un peu moins marquée que dans la situation intérieure réverbérant. Et, pour tous les thèmes, la différence n'est pas statistiquement significative.

La préférence sur la propre voix est à attribuer au système OVP 2.0 enclenché dans le programme AX. La préférence sur la clarté de la voix, quant à elle, est à attribuer au traitement du signal en double flux de AX et non à Auto EchoShield contrairement à la condition précédente.

Les autres thèmes ne ressortent pas significativement, ce qui n'est pas surprenant compte tenu de la situation calme dans laquelle se trouve les participants dans cette partie du test.

Discussion

La fonctionnalité Auto EchoShield implémentée dans la plateforme Signia AX a été testée en 2 conditions. En laboratoire, les résultats ont montré une efficacité importante pour réduire les réverbérations d'un lieu très réverbérant comme l'église. De plus, bien que les autres conditions de test (réglage traditionnel et appareils concurrents) obtiennent de bons résultats en termes de clarté de la voix dans cette condition, les appareils en Signia AX avec Auto EchoShield activé ont apporté un résultat encore meilleur ! Les résultats en conditions réelles ont également pu montrer une amélioration de l'effort d'écoute, de la compréhension ou encore du confort dans ces milieux particulièrement difficiles pour les personnes appareillées. Cela confirme la très grande efficacité d'un algorithme comme Auto EchoShield combiné au double traitement de la plateforme AX.

Bien que limité, pour cause de port du masque, les tests réalisés sur la fonctionnalité OVP 2.0 ont, eux aussi, montré des résultats très intéressants et positifs, apportant un confort sur la propre voix tout en conservant une excellente perception de l'environnement dans lequel se trouvaient les participants.

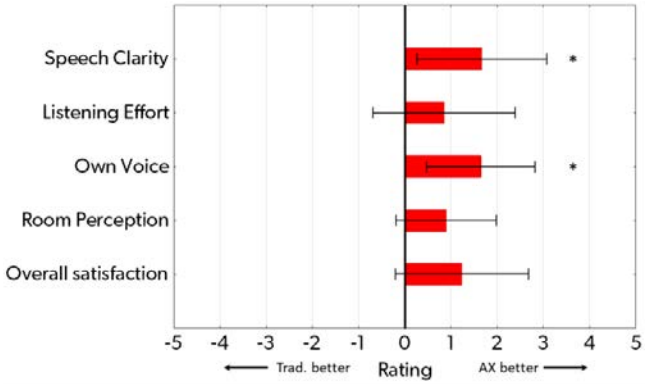


Figure 4 : Évaluation moyenne de la préférence des participants entre le programme AX avec Auto EchoShield vs programme traditionnel, pour 5 thématiques différentes (clarté de la voix, effort d'écoute, perception de la propre voix, perception de la pièce, patisfaction globale) dans un environnement extérieur calme. Les scores positifs indiquent une préférence vers le programme AX, la position « 0 » indique aucune différence entre les 2 programmes. La barre d'erreur montre l'intervalle d'erreur à 95%. Les astérisques montrent les différences significatives (p<0.05).

Conclusion

Les 2 nouvelles fonctionnalités Auto EchoShield et OVP 2.0 apportent aux utilisateurs d'aides auditives Signia AX des améliorations importantes dans les situations complexes. Les environnements réverbérants sont désormais, avec Auto EchoShield, traités automatiquement, permettant de diminuer les réverbérations tout en proposant une perception des voix plus claire et donc une meilleure compréhension et un effort d'écoute dans ces situations diminué. La voix du patient est quant à elle, mieux acceptée grâce à l'utilisation de OVP 2.0 sans dégrader la perception de l'environnement dans lequel il se trouve.

RÉFÉRENCES

- *1. Enhancing Real-World Listening and Quality of Life with New Split-Processing Technology - Niels Søgaard Jensen, MSc, Leanne Powers, AuD, Sascha Haag, MBA, Philippe Lantin, AuD, Erik Harry Høydal, AudiologyOnline Sept 2021*
- *2. Measuring the effect of adaptive directionality and split processing on noise acceptance at multiple input levels" - Francis Kuk, Christopher Slugocki, Neal Davis-Ruperto & Petri Korhonen, International Journal of Audiology, Jan 2022*

MIEUX ENTENDRE, MIEUX VIVRE :

LES AIDES AUDITIVES STARKEY DÉTECTENT LES CHUTES AVEC PRÉCISION ET DONNENT L'ALERTE AUTOMATIQUEMENT

Auteur
Justin R. Burwinkel, Au.D. | Buye Xu, Ph.D.

INTRODUCTION : Représentant un risque important pour la santé, les chutes accidentelles entraînent souvent une perte d'autonomie. Il ressort de précédents rapports que 40 % des personnes demeurant chez elles sont amenées à chuter au moins une fois par an après 65 ans.[1] Il a également été montré qu'au sein d'une même classe d'âge, le risque de chute était supérieur chez les patients suivis sur le plan auditif.[2] En fait, une étude menée par le Dr Frank Lin du Cochlear Center for Hearing and Public Health de l'université John Hopkins a constaté que la fréquence des chutes était multipliée par 1,4 tous les 10 décibels (dB) de perte auditive mesurée.[3]

L'aide auditive Livio Edge AI Healthable – premier système au monde de détection et d'alerte de chute situé au niveau de l'oreille – offre la tranquillité d'esprit dans un dispositif miniaturisé pratique. Contrairement aux autres dispositifs de détection de chute, qui pendent autour du cou ou sont portés au poignet, Livio Edge AI profite de l'anatomie et de la physiologie du corps humain. Lors d'activités quotidiennes ordinaires et en cas de chute, les muscles du cou travaillent avec le système de l'équilibre de l'oreille interne pour protéger et stabiliser la tête. Parce que portées au niveau de la tête, les aides auditives ont naturellement moins tendance à confondre activités quotidiennes et chutes que les dispositifs portés sur d'autres parties du corps.[4] Les systèmes de détection portés au niveau de la tête peuvent donc être réglés pour capter un plus grand nombre de chutes, tout en ayant un faible taux de fausses alertes.

Afin d'évaluer objectivement la précision de Livio Edge AI, une étude en laboratoire a été entreprise*. Les participants portaient des aides auditives Livio Edge AI aux deux oreilles ainsi qu'un pendentif de détection des chutes Lifeline® avec AutoAlert de Philips lors d'activités quotidiennes et de chutes simulées. Selon la classification de la FDA (administration américaine des produits alimentaires et des médicaments), le pendentif Lifeline® avec AutoAlert de Philips est un dispositif médical de classe II (exempté) destiné à fonctionner en continu comme système d'alerte médicale**. Les résultats sont fournis plus bas.

MÉTHODE

Dix jeunes participants ont chacun fait l'expérience de huit types de chutes et quasi-chutes. Tous ont également accompli huit types différents d'activités du quotidien. Les situations dans lesquelles chaque participant a été placé sont résumées dans le tableau 1. Chaque situation a fait l'objet de trois essais.

Pour chacun des essais, l'état de détection de chute des aides auditives Livio Edge AI et du pendentif Lifeline® avec AutoAlert a été enregistré.

L'analyse a porté sur 240 chutes, 240 quasi-chutes et 240 activités du quotidien.

Les données ont été collectées au laboratoire de mobilité et de prévention des blessures de l'université Simon Fraser.

Un consentement éclairé a été obtenu par écrit de tous les participants et le protocole expérimental a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de l'université Simon Fraser.

* Étude réalisée à l'aide de dispositifs Livio AI 2400, aujourd'hui commercialisés sous le nom Livio Edge AI 2400.

** Evolv AI et Livio Edge AI ne sauraient se substituer aux services d'urgence et ne contacteront pas les services d'urgence en cas de détection de chute.

Chutes	1	Glissade en avant sur plateforme mobile
	2	Glissade en arrière sur plateforme mobile
	3	Trébuchement dû à une attache de cheville
	4	Mauvais transfert de poids dû à un faux pas
	5	Mauvais transfert de poids en se relevant d'une position assise
	6	Mauvais transfert de poids en s'abaissant
	7	Objet capitonné heurté ou cogné
	8	Perte de connaissance/malaise
Quasi-chutes	1-8	Identiques aux situations de chute si ce n'est que les participants retrouvent leur équilibre avant de toucher le sol
Activités du quotidien	1	Marche normale
	2	Station debout tranquille
	3	Transition d'une position debout à une position assise
	4	Transition d'une position debout à une position allongée au sol
	5	Transition d'une position assise à une position debout
	6	Ramassage d'un objet au sol
	7	Montée d'escaliers
	8	Descente d'escaliers

Tableau 1. Récapitulatif des essais de chutes, quasi-chutes et activités du quotidien effectués par chaque participant

RÉSULTATS

Les aides auditives Livio Edge AI ont détecté les chutes avec plus de précision que le pendentif Lifeline avec AutoAlert de Philips. Les deux systèmes ont fait preuve de fiabilité dans la détection de faux positifs lors d'activités du quotidien. Le tableau 2 ci-dessous récapitule la sensibilité et la spécificité pour l'ensemble des participants et des essais. Le tableau 3 indique, quant à lui, la répartition du taux de sensibilité pour chaque type de chute.

	Lifeline avec AutoAlert de Philips	Starkey Livio Edge AI
Chutes avérées détectées (taux de sensibilité)	198 (82.5%)	221 (92.1%)
Faux positifs lors des essais de quasi-chutes (taux de spécificité)	1 (99.6%)	6 (97.5%)
Faux positifs lors des essais d'activités du quotidien (taux de spécificité)	0 (100%)	0 (100%)

Tableau 2. Taux de sensibilité et de spécificité des aides auditives Livio Edge AI de Starkey et du pendentif Lifeline avec AutoAlert de Philips pour l'ensemble des participants et des essais. Un total de 240 essais a eu lieu pour chacune des chutes, quasi-chutes et activités du quotidien.

Type de chute	Lifeline avec AutoAlert de Philips Sensibilité (%)	Starkey Livio Edge AI Sensibilité (%)
Sensibilité (%)	93,3	96.7
Sensibilité (%)	53.3	90.0
Trébuchement	66.7	100
Mauvais transfert de poids dû à un faux pas	73.3	93.3
Mauvais transfert de poids en se relevant d'une position assise	93.3	93.3
Mauvais transfert de poids en s'abaissant	96.7	90.0
Objet heurté ou cogné	86.7	86.7
Perte de connaissance ou affaissement des membres inférieurs	96.7	86.7
Moyenne	82.5	92.1
Plage	53.3 – 96.7	86.7 – 100

Tableau 3. Répartition de la sensibilité des aides auditives Livio Edge AI de Starkey et du pendentif Lifeline avec AutoAlert de Philips lors des essais pour chaque type de chute. Un total de 30 essais a eu lieu pour chaque type de chute.

DISCUSSION

Le pendentif Lifeline avec AutoAlert de Philips comme les aides auditives Livio Edge AI de Starkey se sont parfaitement comportés lors des activités du quotidien réalisées dans le cadre de la présente étude. Les aides auditives Livio Edge AI de Starkey ont généré un taux de faux positifs légèrement plus élevé lors des essais où les participants commençaient à chuter, mais retrouvaient leur équilibre avant de toucher le sol. Les aides auditives Livio Edge AI de Starkey ont réussi à détecter plus de chutes que le pendentif Lifeline avec AutoAlert de Philips et se sont globalement avérées un dispositif plus précis que ledit pendentif.

ADDENDUM

En 2021, la fonctionnalité de détection et d'alerte de chute a été actualisée à l'occasion du lancement de la gamme de produits Evolv AI** et mise à disposition sur tous les niveaux de technologie d'Evolv AI de la gamme 2400 jusqu'à la gamme 1200. Ses paramètres de détection de chute ont en outre été améliorés à l'aide de données complémentaires obtenues à l'issue de milliers d'essais expérimentaux de chutes, quasi-chutes et activités quotidiennes, et recueillies au siège mondial de Starkey à Eden Prairie aux États-Unis ainsi que dans notre centre de développement avancé à Tel-Aviv en Israël.

Différents types de chutes et d'activités à l'origine de fausses alertes ont notamment été réalisés, analysés et utilisés pour affiner les paramètres de l'algorithme de détection des chutes. Des données ont été collectées auprès de 30 participants supplémentaires qui ont effectué diverses activités sources de faux positifs fréquents de chute (monter et descendre un escalier, heurter des objets, s'asseoir brusquement sur une chaise ou un lit, entrer ou sortir d'une voiture, sauter, faire de l'exercice, retirer ou replacer ses aides auditives, s'asseoir par terre) ainsi que plusieurs quasi-chutes, glissades ou trébuchements. Des informations concernant d'autres types de chutes réelles (pertes d'équilibre ou malaises par exemple) ont également été recueillies afin d'affiner les paramètres pour distinguer les chutes des quasichutes.

En se focalisant sur les activités les plus susceptibles de déclencher de faux positifs de chute, les paramètres de détection ainsi améliorés pour Evolv AI ont permis de détecter jusqu'à 1,1 % de chutes réelles en plus (vrais positifs) et de réduire le nombre de faux positifs jusqu'à 1,7 %.

Vu le nombre d'activités qu'un utilisateur d'aides auditives réalise dans une journée, pour une personne sujette aux faux positifs, cela signifie donc moins de fausses notifications d'alerte dans la durée.

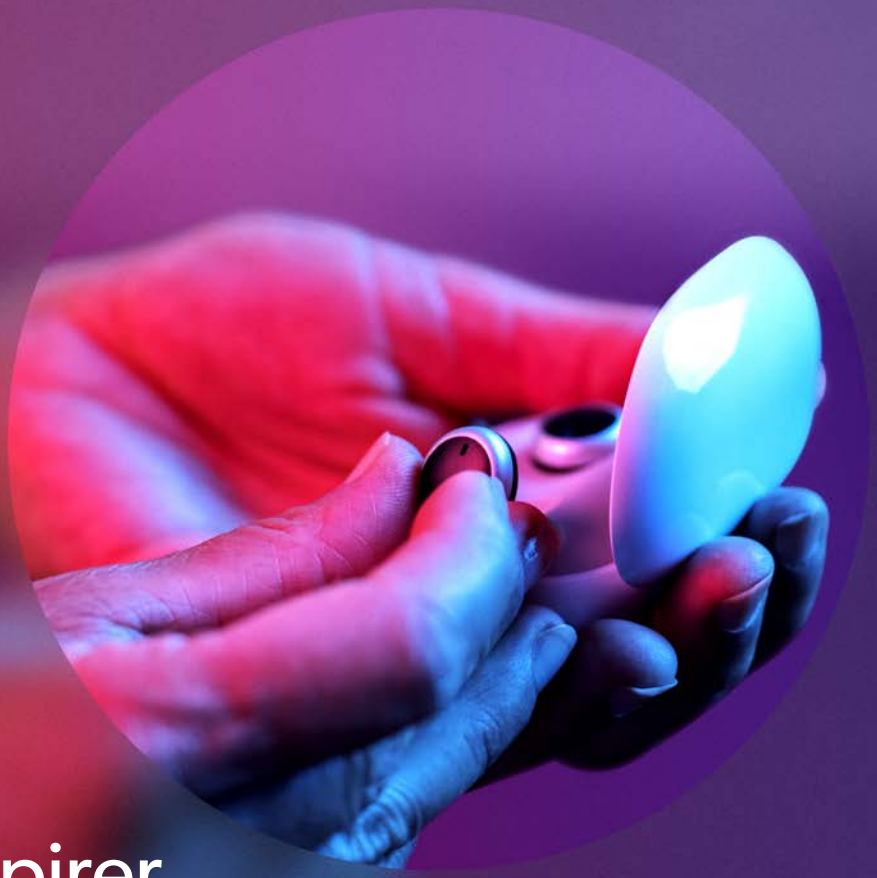
CONCLUSION

Les aides auditives Livio Edge AI** de Starkey ont détecté aussi bien, sinon mieux les chutes que le dispositif classique de détection de chute étudié.

RÉFÉRENCES

- *1. Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. Age and Ageing, 35, ii37–ii41.*
- *2. Criter, R. E. & Honaker, J. A. (2016). Audiology patient fall statistics and risk factors compared to non-audiology patients. Int J Audiol 55, 564–570 .*
- *3. Lin, F. R. & Ferrucci, L. (2012). Hearing Loss and Falls Among Older Adults in the United States. Arch Intern Med 172, 369.*
- *4. Cola, G., Avvenuti, M., Piazza, P. & Vecchio, A. (2016). Fall Detection Using a Head-Worn Barometer. in International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare 217–224.*

Ceci est une invitation



pour celles et ceux qui souhaitent inspirer le changement.

signia

Tout en préservant l'environnement à travers des actions concrètes, efficaces et significatives, Signia poursuit son objectif d'améliorer les performances humaines.

Le développement d'aides auditives rechargeables de nouvelle génération permettent aux utilisateurs de réduire de 65% leur empreinte écologique.

Soyez acteurs du changement en proposant à vos patients nos innovations rechargeables !

Be Brilliant*™

signia-pro.com

*Révélez-vous. Ces produits sont destinés aux personnes souffrant de troubles de l'audition, caractéristiques techniques disponibles sur le site internet du fabricant. Signia Active Pro est un dispositif médical de classe IIa. TUV SUD, CE 0123. Pour un bon usage, veuillez consulter les manuels d'utilisation. Les marques et symboles Bluetooth sont la propriété exclusive de Bluetooth SIG Inc. utilisés par Signia GmbH sous permission. Les autres marques et symboles appartiennent à leurs propriétaires respectifs. Les appareils auditifs sont des dispositifs médicaux remboursés par les organismes d'assurance maladie. Classe I : Codes individuels Signia (Base de remboursement) - de 20 ans : 7336246, droite / 7336223, gauche (1400 €) et + de plus 20 ans : 7336200, droite / 7336230, gauche (400 €). Classe II : Codes individuels Signia (Base de remboursement) - de 20 ans : 7336163, droite / 7336140, gauche (1400 €) et + de plus 20 ans : 7379971, droite / 7336186, gauche (400 €).

06/2022 ©WSAUD A/S 2022.

Giuseppe Tartini et le troisième son

Des canaux ioniques d'une oreille optimisée au dépistage néonatal des surdité.

Paul AVAN - L'HARMATTAN Editeur, 204 pages 2022

Ce livre comporte 9 chapitres et 2 appendices. Soyons direct : c'est « un don du ciel ». Vous allez vous dire cela commence mal pour un livre scientifique dont le sous-titre évoque « canaux ioniques » et « dépistage néonatal universel des surdités ».

Eh bien oui, je confirme ce que je viens d'écrire parce qu'il comporte -au moins dans un domaine, celui de l'audition (je préfère le préciser tout de même)- « tout ce que vous auriez toujours voulu savoir sans jamais oser le demander » peut-être parce qu'on avait du mal à imaginer que quelqu'un ait la capacité à produire une telle somme de connaissances. Mais, on le sait bien lorsqu'on doit éduquer et ou enseigner à des jeunes et des moins jeunes aussi, qu'il y a des circonstances où il y a des sujets qu'il faut savoir exposer sans demander l'avis préalable de ou des interlocuteurs parce que la situation est telle qu'ils doivent savoir et, pour des raisons personnelles avouables ou non, certains n'oseront avouer une ignorance coupable.

Tout d'abord soulignons un fait très important à propos de ce livre : la lecture en est tout à fait abordable et il n'est pas besoin d'une feuille de papier, d'un stylo, d'une calculette et d'un tube d'aspirine pour en faire la lecture. Il est vrai que le sujet touche un organe sensoriel dont « on a entendu parler » pendant nos études et dont on nous parle régulièrement dans les Cahiers ou dans les congrès et EPU. Donc point ne sera besoin de réviser les projets de vacances du fait d'un investissement intellectuel un peu « osé ». Il en sera de même pour votre santé : pas de risque de déclencher une dépression latente qui n'attendait que cela pour vous tomber dessus parce que vous vous dites : « je suis trop nul ! ». Bien au contraire d'ailleurs je vous suggère de le lire pendant vos vacances.

Vous reviendrez plus savant et avec la nette sensation d'être plus intelligent… C'est toujours comme cela quand on a des réponses à des questions qu'on n'aurait peut-être jamais osé etc, etc.

Après cette introduction pleine de prévenance pour votre futur, chers lecteurs, essayons maintenant de rentrer un peu dans le ou plutôt les sujets de ce livre. Je dis bien sujets car l'objet est désigné. Parlons-en tout même un peu. Qu'est-ce qui fait que ce « petit livre » 204 pages -ce n'est pas beaucoup- est un « grand livre » ? Tout d'abord c'est justement parce qu'il n'est pas énorme et ne paraît pas indigeste avant même d'avoir été ouvert et, qu'après l'avoir fermé, on a le sentiment d'en avoir retenu une bonne partie et l'envie de revenir sur certaines explications assez « éblouissantes » qui demandent néanmoins un peu de concentration. Ce qui est intéressant aussi c'est que l'on peut le lire aussi de plusieurs points de vue. Ainsi, on peut avancer dans la lecture et parfois laisser quelques lignes un peu dans la brume sans perdre complètement le fil. C'est très important pour le lecteur. Ainsi on peut tout d'abord essayer de repérer le fil du point de vue historique. C'est peut-être celui qui est le plus accessible. L'auteur nous fait d'abord parcourir chronologiquement l'ensemble des travaux qui ont conduit à ce fameux « 3ème sons » au travers de débats et controverses qui ont accompagné son émergence dans le domaine musical au XVIIIème siècle dans une période particulière puisque c'est le siècle qui va voir la transition entre le baroque et le classique donc une période très active sur le plan musical. On suit alors une trame non totalement explicitée selon l'idée de «moments» que F. Worms présente dans l'introduction de son livre « La Philosophie en France au XXème siècle » (Folio, Gallimard).

Ce terme de « moment » doit être compris comme n'étant « … rien d'autre que des relations, ouvertes, tendues, entre des œuvres singulières » à un moment donné. En effet, c'est bien pour une part ce qui est décrit pour une part dans la 1ère partie de l'ouvrage.

A partir du chapitre 4 on passe du domaine de la musique vue sous un aspect théorique au XVIIIème à un regard plus technique dans lequel un grand physiologiste, Helmholtz, viendra prendre position dans le débat. Comme le note l'auteur : « de par l'envergure de Helmholtz, son travail marque un tournant, mais pas la fin du débat, qui renaît au milieu du XXième siècle avec de nombreux rebondissements. » Ici encore le regard du scientifique se fait historien et sociologue sur quelques chapitres pour souligner des positions dominantes, parfois tranchantes mais pas forcément appropriées. A partir de là, nous basculons dans un moment qui pour reprendre la classification de F. Worms peut être interprété comme le « moment du vivant » qui se prolonge encore aujourd'hui. C'est le « moment » auquel appartient entre autres le domaine biomédical qui prend place dans l'histoire.

Il faudra attendre la fin les années 1970 pour qu'un physicien, D. Kemp, transfuge d'un domaine complètement extérieur, conçoive un système de dépistage universel des surdités de l'enfant à la naissance, à partir de la présence ou non de ce

3ème son décrit par Tartini 2 siècles et demi plus tôt et validé grâce aux travaux expérimentaux ultérieurs sur les mécanismes intimes de la cochlée.

Il faut avouer que ce genre de parcours est assez stupéfiant et à lui seul mérite d'être rapporté. C'est bien ce que fait l'auteur du livre. Il reste très ferme quant à l'interprétation qui en est donnée par chacun des 3 protagonistes du départ et n'hésite pas à rappeler les erreurs qui ont été commises lors de ce parcours scientifique, y compris par les plus grands, tout au long de son enquête sur cette longue période. Il nous montre de manière très pédagogique que la « réponse scientifique » n'était pas inscrite à l'avance et, si elle était un aboutissement, ce n'était que celui de la méthode scientifique vue par des hommes de génie dont une des grandes qualités est de reprendre ou de poser différemment les problèmes en question. Nous sommes ici dans l'exigence scientifique qui ne se négocie pas. C'est la rigueur et la maîtrise de Paul Avan qui dans un 1er temps nous permet d'entrer aisément dans la compréhension des erreurs « d'appréciation » de certains auteurs et dans un 2ème temps dans la compréhension des mécanismes sous-jacents très subtils.

Cette manière de découper son travail l'a amené à poser implicitement un premier repère, celui d'un «moment musical» puis, dans un 2ème temps, celui d'un «moment du vivant». Cela m'a beaucoup séduit parce que j'ai ressenti un sens profond à ce livre avant même d'aborder le 4ème chapitre car il y a une aventure humaine forte et un auteur qui sait maintenir le suspense. Cette présentation permet au lecteur de se lancer dans la lecture d'un tel ouvrage sans effort. Ainsi, par exemple, quand la dimension « physiologique » ou « biophysique » est abordée, l'auteur nous prend par la main et nous accroche à un fil conducteur qui nous rend intelligent. Il nous permet de comprendre le sens de certaines données scientifiques importantes pour avoir une bonne intelligibilité de la question traitée. On n'a plus qu'à se laisser guider.

Eh bien, merci Tartini et surtout merci au Pr Paul Avan pour ce grand, très grand livre. Il est imprégné de cette grande modernité historique, philosophique et scientifique et j'ai le sentiment qu'il apporte des arguments pertinents et déterminants nouveaux qui vont enrichir la pensée philosophique de la science du vivant.

Cet ouvrage nous fait prendre conscience qu'il est fondamental de s'appuyer sur des réalités matérielles, anatomiques, cellulaires, biochimiques, biophysiques, etc. pour construire scientifiquement une représentation cohérente de cet univers qu'est le système auditif dans sa spécificité.

C'est aussi une occasion pour nous de rappeler l'exigence de rigueur vis-à-vis des informations que les tests audiométriques doivent fournir.

Trois conseils pour finir :

- 1/ lisez ce livre,
- 2/ offrez ce livre à vos correspondants ou au moins il faut en parler,
- 3/ rendez sa lecture obligatoire pour les étudiants.

Mille fois merci à son auteur.

F. Degove

Hommage à Gilles CAGNONE

C'est le 17 mai dernier que j'ai appris par Messenger le départ de mon ami Gilles CAGNONE " vers les grandes plaines du Manitou ", information que sa compagne Josée m'a confirmé le 22 mai alors que je venais d'arriver à Phnom Penh pour la 38ème mission de mon ONG Enfants Sourds du Cambodge.

En octobre 2021, il m'avait appris la maladie contre laquelle il luttait et qui allait l'emporter.

Il aurait tant voulu venir en mission au Cambodge.

Notre dernière rencontre remontait à septembre 2015. C'était au Collège de Rosemont à Montréal, siège de l'Ecole d'Audioprothèse du Québec.

Il y enseignait les Techniques d'Audioprothèse depuis septembre 1983. Il était arrivé au Québec en juin 1982 pour y exercer notre beau métier.

En effet en mai 1981, j'avais rencontré les dirigeants de l'Ordre dès Audioprothésistes du Québec, lors des Journées d'Etudes sur la Parole du GALF (Groupement des Acousticiens de Langue Française).

Ils m'avaient invité à recommander aux jeunes audioprothésistes français d'aller exercer leurs talents au Québec. Il fut le premier à franchir " la grande mare ". Il avait travaillé avec moi et Francis Fontanez au L2A à Nice et Cannes.

Gilles a ainsi formé de nombreux audioprothésistes québécois, et a toujours gardé le contact avec ses amis et confrères français.

Il était curieux de la contribution scientifique que la Phonétique pouvait apporter aux réglages audioprothétiques.

Adieu l'Ami. *Jean-Paul BERAHA*

Congrès de l'ordre des audioprothésistes du Québec Oct 2014

DIU Audiologie et Otologie Médicale

AUDITION - ÉQUILIBRE Enfant & Adulte
FORMATION PRATIQUE À LA CARTE 2022-2023

D'OCTOBRE 2022 À JUIN 2023

15 vendredis de cours zoom + 4 sessions pratiques de 2 jours à Lyon et Paris.

Destiné aux médecins, audio-prothésistes, kinésithérapeutes et orthophonistes.

RESPONSABLES UNIVERSITAIRES

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

OBJECTIFS DE LA FORMATION

Proposer aux médecins, audio-prothésistes, orthophonistes et kinésithérapeutes, une formation de référence en France sur l'évaluation clinique et paraclinique 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 ouverte à partir de juin 2022
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 trois adresses)
diu.audiooto@gmail.com
mahjouba.choukri@chu-lyon.fr
corinne.monceau@chu-lyon.fr
04 72 11 05 03 – 04 72 11 05 15

acfos

18ème colloque acfos

SURDITÉ ET HANDICAPS ASSOCIÉS
Du diagnostic à l'accompagnement

09 et 10 novembre 2022
Espace Charenton – Paris 12

Présidente :
Dr MARLIN Sandrine, Généticienne, Coordinatrice du Centre de référence « Surdités Génétiques », Présidente d'ACFOS, Paris

Membres du comité scientifique :
- Pr BAHI-BUISSON Nadia, Neuropédiatre, Hôpital Necker EnfantsMalades, Paris
- Dr BLANCHET Catherine, ORL, CHU Montpellier
- Dr BOURASSEAU Laure, Pédopsychiatre, UTES, Paris
- DAVALO Claire, Directrice du Centre National de Ressources pour les Handicaps Rares Robert Laplane, Paris
- DE LAMAZE Aude, Orthophoniste, ASEI / Centre Cival Lestrade, Toulouse
- DUPUY Claire, Déléguée Générale, UNANIMES
- KEROUEDAN Anne, Audioprothésiste, AK Audition, Trésorière d'ACFOS, Paris
- Dr LEROSEY Yannick, ORL-PH, CHU de Rouen / CH Evreux , VicePrésident d'ACFOS
- REBICHON Caroline, Psychologue, Hôpital Necker Enfants-Malades , Paris
- Dr ROUILLON Isabelle, ORL-PH, Hôpital Necker Enfants-Malades, Paris
- VAN DE MOLENGRAFT Sonja, Directrice du CRESAM, Poitiers

RENSEIGNEMENTS

https://www.acfos.org/

ÉCOUTER VOIR
AUDITION MUTUALISTE

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 !**

ENVOYEZ VOTRE CV À :
RECRUTEMENT@LAMUT.FR

- **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

la Mut' MUTUALITÉ FRANÇAISE
www.lamut.fr
Organisme régi par le Code de la Mutualité
N° SIREN 352 098 151

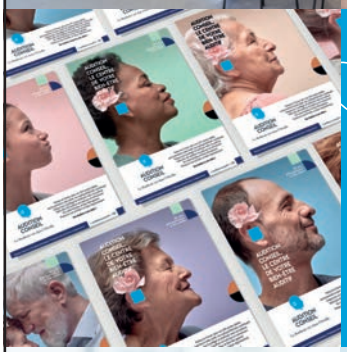
---

dyapason
CORRECTION AUDITIVE

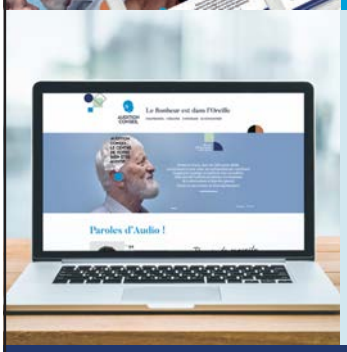
Frank Lefèvre
Recherche un(e) Audioprothésiste pour l'agglomération de RENNES

CDI Temps plein ou partiel.

Adressez votre candidature à :
Audition Frank Lefèvre
7 rue du Général de Gaulle - 35760 SAINT GREGOIRE
Tél : 02 99 68 77 68 - Mail : audition.lefevre@orange.fr



Il est où le bonheur ?



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.**

BIENVEILLANCE 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
01 56 56 75 61

345 centres I 1er Réseau d'Audioprothésistes Indépendants sous Enseigne Nationale

auditionconseil.fr I

AX UPGRADE

Évolution de la plateforme Augmented Xperience

Be Brilliant™

signia

ÉVOLUTION DE SIGNIA AX

La plateforme aux 2 unités de traitement distinctes pour la parole et l'environnement **s'enrichit de 3 nouvelles fonctionnalités** pour optimiser ses performances au quotidien.

OVP™ 2.0
rend naturelle la propre voix en conservant un environnement stable

Auto EchoShield
optimise automatiquement les environnements réverbérants

HandsFree for iOS
permet les appels en mains-libres par l'utilisation des micros des aides auditives

Disponible rétroactivement, gratuitement, par mise à jour logicielle Connexx

AX Augmented Xperience

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 €). 06/2022 ©WSAUD A/S.

evolv AI

Starkey

Garantissez la meilleure expérience du sur-mesure à vos patients.

Chez Starkey, nous sommes connus pour notre savoir-faire en intra-auriculaires et pour avoir été les premiers de notre industrie à les décliner en version connectée et rechargeable. Du plus petit au plus puissant, les intra-auriculaires Evolv AI s'adaptent parfaitement à tous les styles de vie et garantissent une excellente qualité sonore dans tous les environnements. **Le tout sans effort.**

Pour en savoir plus, visitez le Hub Innovation : hub-innov-starkey.fr
ou inscrivez-vous aux formations Evolv AI sur academie.starkey.fr

Le logo Starkey est une marque de Starkey Laboratories, Inc. Evolv et le logo Evolv sont des marques de Starkey Laboratories, Inc. ©2022 Starkey Laboratories, Inc. Tous droits réservés.