

Les Cahiers de l'Audition

LA REVUE
DU COLLEGE
NATIONAL
D'AUDIOPROTHESE

Volume 33 - Janvier/Février 2020 - Numéro 1



Dossier

ENSEIGNEMENT POST-UNIVERSITAIRE 2019

De la perception à la compréhension : applications audioprothétiques

Résumés des communications



Veille Technique

Les innovations des industriels



Actualités

Enseignement - Communiqués

REXTON

Rexton est une marque du Groupe Sivantos GmbH
www.rexton.com

NOUVEAUTÉ

MOTIONCORE, PLUS DE COMPROMIS ENTRE LE CONFORT & LA COMPRÉHENSION DU PATIENT.

Made for iPhone | iPad | iPod

Bluetooth



- ✓ 16% PLUS PETIT
- ✓ 120 SCÉNARIOS ACOUSTIQUES
- ✓ CAPTEURS ACOUSTIQUES
- ✓ CAPTEUR DE MOUVEMENT
- ✓ 10 NOUVEAUX COLORIS

LA BEAUTÉ DU SON,
UNE LEÇON DE BEAUTÉ



M-Core R-312

M-Core R-Li

BIOTONE
TECHNOLOGIE MÉDICALE



Retrouvez-nous aux adresses suivantes : www.biotone.fr - www.shop.biotone.fr





3 Editorial

Paul AVAN



5 Le mot du Président

François Le HER



7 Dossier : Communications présentées lors de l'EPU 2019

7 Les systèmes de communication sans fil

Grégory GERBAUD

15 Imagerie cérébrale fonctionnelle et acouphène

Audrey MAUDOUX

18 BIG DATA : Quels effets sur l'acquisition et l'accumulation de connaissances

Gilles DUCHARME et Adrien CAPLOT

20 Intelligence artificielle et accompagnement thérapeutique du patient : l'exemple des assistants virtuels

Benjamin CHAIX

23 Protection des données individuelles dans un cabinet d'audioprothèse

Charlotte BALET

26 Développement d'un entraînement à l'audiométrie par la réalité virtuelle

Mathieu ROBIER, David BAKHOS, C. AUSSEDT, Jean Marie Aoustin

29 HRTF : Quel avenir pour l'audioprothèse ?

Frédéric REMBAUD

32 Live music for all

Laurent SAID, Vincent PÉAN, Stéphane DUFOSSÉ

34 Appareillage auditif et télé-suivi prothétique Descriptions et utilisations

Yves LASRY, Stéphane LAURENT

36 Entraînement auditif appliqué à l'audioprothèse

Jehan GUTLEBEN, David COLIN



40 Veille technique

Les innovations des industriels

OTICON, PHONAK, RESOUND, SIGNIA, STARKEY



59 Actualités

Enseignement - Communiqués



63 Annonces recrutement

Les Cahiers de l'Audition, la revue du Collège National d'Audioprothèse

Editeur

Collège National d'Audioprothèse

Président François LE HER

LCA - 20 rue Thérèse

75001 Paris

Tél. 01 42 96 87 77

francoisleher@orange.fr

Directeur de la publication et rédacteur

Arnaud COEZ

LCA - 20 rue Thérèse

75001 Paris

Tél. 01 42 96 87 77

acoetz@noos.fr

Rédacteur en chef

Paul AVAN

Faculté de Médecine

Laboratoire de Biophysique

28, Place Henri DUNANT - BP 38

63001 Clermont Ferrand Cedex

Tél. 04 73 17 81 35

paul.avan@u-clermont1.fr

Conception et réalisation

MBQ

Stéphanie BERTET

48 avenue Philippe Auguste

75011 Paris

stephanie.bertet@mbq.fr

Abonnements, publicités & annonces

editions-cna@orange.fr

Dépot Légal à date de parution

Janvier/Février 2020

Vol. 33 N°1

Imprimé par Simon Graphic

Le Collège National d'Audioprothèse

Président Président d'honneur Président d'honneur Secrétaire Général Président d'honneur 1^{er} Vice Président 2^e Vice Président Trésorier Général Trésorier Général adjoint Secrétaire général adjoint Directeur Cahiers de l'audition



François LE HER



Xavier RENARD



Eric BIZAGUET



Stéphane LAURENT



Matthieu DEL RIO



Christian RENARD



Eric HANS



Thomas ROY



Frank LEFEVRE



Arnaud COEZ

Membres du Collège National d'Audioprothèse



Charlotte BALET



Hervé BISCHOFF



Jean-Jacques BLANCHET



David COLIN



François DEJEAN



Jean-Baptiste DELANDE



Xavier DELERCE



STÉPHANE GALLEG0



Stéphane GARNIER



Alexandre GAULT



Grégory GERBAUD



Céline GUEMAS



Jehan GUTLEBEN



Bernard HUGON



Jérôme JILLIOT



Yves LASRY



Yoan NAHMANI



Morgan POTIER



Frédéric REMBAUD



Mathieu ROBIER



Benoit ROY



Jean-François VESSON



Alain VINET



Paul-Edouard WATERLOT

Membres honoraires du Collège National d'Audioprothèse



Patrick ARTHAUD



Jean-Claude AUDRY



Jean-Paul BERAHA



Geneviève BIZAGUET



Daniel CHEVILLARD



Christine DAGAIN



Ronald DE BOCK



Xavier DEBRUILLE



François DEGÔVE



Jean-Pierre DUPRET



Charles ELCABACHE



Robert FAGGIANO



Francis FONTANEZ



Maryvonne NICOT-MASSIAS



Claude SANGUY



Philippe THIBAUT

Membres Correspondants étrangers du Collège National d'Audioprothèse



Roberto CARLE



Léon DODELE



Bruno LUCARELLI



Philippe LURQUIN



Leonardo MAGNELLI



Carlos MARTINEZ OSORIO



Thierry RENGLLET



Juan Martinez SAN JOSE



Christoph SCHWOB



Elie EL ZIR
Membre Correspondant étranger associé



Paul AVAN

Chaque année depuis plus de vingt ans, l'EPU d'audioprothèse réunit un groupe d'experts pour effectuer un panorama scientifiquement pointu et didactique des nouveautés de la profession. Ces nouveautés concernent tantôt l'audioprothèse comme outil de communication, tantôt et c'était le cas en 2019, l'environnement technologique qui permet aux aides auditives d'exprimer leurs caractères innovants et à l'audioprothésiste de les exploiter avec une maîtrise optimale.

Le dossier de ce numéro aurait pu, il y a seulement 30 ans où la majorité des aides auditives semblaient devoir rester analogiques pour longtemps (pensait-on, sans pénaliser les patients), passer pour une œuvre de science-fiction. Le principal reproche qu'il aurait encouru aurait été l'invraisemblance... Si on récapitule, la connectivité sans fil et sans danger, avec une gestion transparente ; les big data, à la fois exploitables et respectant la confidentialité de chaque patient ; l'intelligence artificielle qui permet de robotiser sans perdre en pertinence ; la réalité virtuelle qui permet aux apprentis de s'entraîner sans nuire à leurs premiers «cobayes», mais aussi au patient de bénéficier d'un environnement augmenté, et par exemple spatialisé ; même lors d'un concert en live, on peut envisager des dispositifs qui personnalisent l'écoute, chacun selon son audition, sa tolérance, mais aussi pourquoi pas ses goûts. Le côté diagnostique n'est pas oublié, l'imagerie fonctionnelle multiplie désormais les outils pour objectiver les troubles comme les acouphènes qui échappent encore en partie à la compréhension des professionnels.

Ces innovations désormais de mieux en mieux maîtrisées nous ouvrent des perspectives évidentes, d'augmentation de nos moyens d'exploiter nos observations et d'en faire profiter le maximum de profils de patients. Une ombre au tableau, peut-être ? Lorsqu'on a pu lire le Premier Cercle de Soljenitsyne, nous avions un sourire grinçant devant l'ambition alors démesurée de Staline de pouvoir écouter et archiver toutes les conversations téléphoniques de son empire. Il suffisait à ses mathématiciens esclaves de développer avec 70 ans d'avance ce qui est l'objet de ce numéro, connectivité, big data, intelligence artificielle et environnements augmentés. Notre ironie se transforme en une certaine anxiété quand on réalise que c'est désormais opérationnel, et que Staline le faisait sans doute plus pour remplir ses goulags que pour améliorer la vie quotidienne en URSS. La meilleure parade à cette dérive vers un univers de cauchemar est l'information, et c'est tout le mérite des EPU de la rendre accessible dans la plus grande transparence !



Garder le style

Il existe 191000 façons de personnaliser un SONNET 2. Des couvre-microphones colorés aux couvercles de personnalisation "chics & cools", il est facile d'assortir le SONNET 2 à son propre style.

SONNET 2. Pour une écoute plus naturelle.
Plus d'information sur medel.com



Les audio processeurs SONNET 2 et SONNET 2 EAS font partie des systèmes d'implants cochléaires MED-EL et fabriqués par MED-EL GmbH, Autriche. Il s'agit de dispositifs de classe DMIA inscrits à la LPPR. Ils portent le marquage CE (Numéro de l'organisme notifié : 0123). Indications : décrites dans l'arrêté du 2 mars 2009 (JORF n°0055 du 6 mars 2009) relatif à l'inscription de systèmes d'implants cochléaires et du tronc cérébral au chapitre 3 du titre II et au chapitre 4 du titre III de la liste des produits et prestations remboursables prévue à l'article L. 165-1 du code de la sécurité sociale et dans l'arrêté du 30 Août 2012 (JORF n°0206 du 5 septembre 2012) relatif à l'extension des indications concernant l'implantation cochléaire bilatérale chez l'enfant pour des implants cochléaires inscrits au chapitre 4 du titre III de la liste des produits et prestations remboursables prévue à l'article L. 165-1 du code de la sécurité sociale. Lire attentivement la notice d'utilisation. Date de dernière modification : 10/2019. MED-EL, 400 avenue Roumanille, Bât. 6 - CS 70062, 06902 Sophia Antipolis Cedex, Tel : +33 (0)4 83 88 06 00 Fax : +33 (0)4 83 88 06 01

Le mot du Président du Collège

François LE HER



Dans cette période de crise sanitaire nos premières pensées vont aux personnes touchées par le coronavirus, à celles dont les familles ont été endeuillées et à celles qui sont hospitalisées dans des services de réanimation et à qui nous adressons tous nos vœux de prompt rétablissement. Nous voulons aussi remercier tous les professionnels de santé pour leur dévouement et leur abnégation dans la gestion du bon fonctionnement des services d'urgence et de réanimation sans oublier tous ceux qui ont permis la poursuite d'une continuité de soins.

L'angoisse consciente ou inconsciente éprouvée par le malade dans ces situations douloureuses est très souvent apaisée par la communication avec le personnel soignant qui régulièrement l'informe et le rassure. Dans de telles situations, un malentendant non appareillé ou utilisant une aide auditive défectueuse ne peut que souffrir de cette difficulté d'échanges qui renforce sa notion d'insécurité. Mettre en place rapidement un appareillage auditif fonctionnel peut donc dans ce contexte contribuer à favoriser son rétablissement.

De la même manière, les médecins et paramédicaux malentendants appareillés chargés de la gestion quotidienne de ces patients doivent pouvoir travailler sereinement avec l'aide fonctionnelle infaillible de leurs appareils auditifs. Les cris d'alarme lancés par les professionnels de santé ayant eu des pannes de leur appareil auditif ainsi que la détresse visible de leurs patients malentendants pendant la période de confinement nous a conduit à favoriser la création de la plateforme « permanence-audio.fr ».

C'est donc pour toutes ces personnes que nous nous devons d'être nous aussi présents à notre poste pour assurer cette permanence de service d'urgence dans le respect des recommandations du Collège National d'Audioprothèse et de nos instances syndicales.

Il convient néanmoins de réfléchir à la manière, dès la fin de cette période de confinement, de favoriser la prise en charge rapide de ces malentendants dont les troubles d'intelligibilité ne peuvent qu'accentuer le sentiment d'anxiété et favoriser une dégradation cognitive, le manque d'échanges pendant cette période où de nombreuses personnes âgées ont été isolées pouvant avoir un impact connu sur l'apparition ou la majoration de troubles dépressifs.

Pour favoriser ce retour nécessaire et urgent à la normale, nous travaillons actuellement sur les moyens de protection à mettre en place pour permettre la reprise des soins en toute sécurité. De nouveaux protocoles spécifiques COVID 19 pour un appareillage sécurisé doivent être définis par nos instances professionnelles et validés par l'autorité publique.

Par ailleurs, au plan économique, la crise sanitaire risque de toucher prioritairement nos confrères indépendants qui n'ont pas, sans aide, les moyens financiers nécessaires pour faire face à cette situation.

En effet, malgré les premières aides des pouvoirs publics, l'audioprothésiste indépendant des grands constructeurs ou des sociétés cotées va avoir à faire face à un déficit de trésorerie (avances de charge salariale, frais de fonctionnement, reconstitution de stock, période d'essai d'un mois minimum sans apport financier du patient, etc.) fragilisant la continuité du service de soins.

Nous pensons que ces petits audioprothésistes indépendants, noyau primordial de notre service national de soins, ne pourront continuer à vivre et à exercer que si les assurances participent aux efforts réclamés par notre président de la république.

Comment ? Nous proposons que ces assurances complémentaires maladies, fortes des économies réalisées pendant cette période de confinement, proposent d'avancer la mise en place du 100 % santé dès le 1^{er} Juillet prochain.

Seule cette mesure forte permettra à nos confrères indépendants de résister pendant cette fin d'année 2020 qui ne pourra être pour eux qu'économiquement mortelle si les patients restent en attente, pour leur prise en charge, de la date fatidique de Janvier 2021.

Nous avons bien écouté notre président : « les assureurs doivent faire des efforts ».

Nous demandons aux pouvoirs publics de nous aider à convaincre les complémentaires santé de faire ces efforts afin de les conduire à appliquer dès le 1^{er} Juillet prochain les nouvelles modalités de prises en charge dans le cadre du 100 % santé pour 2021.

Nous pensons que ces mesures ne seront qu'un juste retour pour restituer aux français des prises en charge qu'ils n'ont pas utilisées lors de cette longue période de confinement.

Notre profession reste tout entière mobilisée au service des patients et de leur entourage.

**François
LE HER**

Audioprothésiste D.E.
Président du
Collège National
d'Audioprothèse

Rien à cacher

2020-03 / Phonak - Sonova France S.A.S. - 5 rue Maryse Bastié - 69500 Bron - RCS LYON B 314 036 682. Tous droits réservés - Crédit photo : Phonak

Plus qu'une oreillette, une aide auditive multifonctionnelle

- Un son riche et clair
- Connexion aux smartphones, à la TV, aux microphones Roger™ ...
- Applications intelligentes
- Sur-mesure



Phonak Virto™
M-312 Black



Les systèmes de communication sans fil

Grégory GERBAUD Audioprothésiste D.E. - REIMS- Membre du CNA

Nous vivons aujourd'hui dans un environnement hyperconnecté. En seulement 20 ans la plupart des téléphones portables sont devenus de véritables ordinateurs de poche qui possèdent des technologies permettant de s'interconnecter à la télévision, à l'ordinateur, au casque sans fil...

De la même manière, depuis l'avènement des aides auditives numériques en 1996, ces dernières n'ont cessé d'évoluer. Elles communiquent entre elles et améliorent la compréhension des patients en fonction de l'environnement dans lequel ils évoluent. Elles communiquent également, sans fil, avec de nombreux périphériques, comme la télévision, le téléphone portable, un microphone déporté... Nous nous intéresserons aujourd'hui plus particulièrement aux différentes stratégies qu'utilisent les aides auditives notamment dans les systèmes de communication sans fil.

Certains fabricants utilisent des protocoles spécifiques qui varient entre eux et qui ont des impacts plus ou moins significatifs sur la vitesse de transmission des données et sur la consommation d'énergie des aides auditives.

Ces connexions directes entre les matériels améliorent efficacement le rapport signal/bruit. Le but est d'accroître sans cesse la qualité de vie des malentendants.

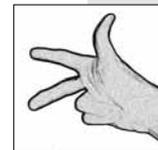
Ces dispositifs permettent d'envisager de nouvelles stratégies dans la prise en charge des patients et l'innovation dans les réglages à distance, telle la télé-audiologie.

Les systèmes fonctionnent sur le principe de la transmission d'onde RADIO « Récepteur d'émissions diffusées par ondes radiophoniques ». C'est grâce à l'électricité que nous pouvons générer des ondes RADIO.

partir de l'expérience d'OERSTED, découvre que la direction dans laquelle se déplace l'aiguille d'une boussole dépend du sens du courant. Il en déduit la règle du « Bonhomme d'Ampère » : le bonhomme est couché sur le conducteur; Le courant (du + vers le -) parcourt le bonhomme des pieds à la tête; il a les yeux dirigés vers l'aiguille aimantée. Le pôle Nord de cette aiguille se déplace alors vers la gauche.

Ce constat peut-être représenté via la règle de la MAIN DROITE. On écarte les 3 premiers doigts :

- Le pouce indique alors le mouvement du champ magnétique,
- Le majeur indique la direction du champ magnétique
- Le courant circule alors dans l'index qui indique la direction.



Les scientifiques du XIX^{ème} siècle avaient constaté que l'influence que l'électricité et le magnétisme semblaient avoir l'un sur l'autre s'exerçait toujours à angle droit. Cette constatation d'apparence simple est néanmoins la pierre angulaire d'une des plus grandes découvertes des sciences modernes.

C'est James Clerk MAXWELL (1731-1879)¹⁵, mathématicien et physicien écossais, qui exprima conceptuellement l'unification de l'électricité et du magnétisme en reprenant les travaux de Michael FARADAY (1791-1867)⁹ et André-Marie AMPERE à l'aide de quatre équations complexes.



Champs magnétiques et électromagnétisme

Dans un rapport de la CUSSTR (Commission Universitaire pour la Santé et la Sécurité au travail)³ on retrouve ces définitions simples sur les champs magnétiques et électromagnétiques.

a) Les champs magnétiques

Ils sont produits partout où existent des courants électriques. L'intensité du champ magnétique est directement proportionnelle à l'intensité du courant et baisse exponentiellement avec la distance depuis la source. Elle s'exprime en Tesla (T) ou en Gauss (G) où $1 T = 10'000 G$.

Alimentée par une source alternative de haute fréquence, une antenne rayonne en donnant un champ électrique ou un champ magnétique. Elle peut également intercepter un champ électromagnétique et le convertir en tension ou en courant².

Un peu d'histoire

C'est Hans Christian OERSTED (1777-1851)¹⁷, physicien et chimiste danois, qui découvre en 1820 l'effet produit par un courant électrique sur une boussole. L'aiguille de cette dernière se met à bouger lorsqu'on approche un fil électrique traversé par un courant. Il existe donc une interaction entre les forces électriques et les forces magnétiques.

OERSTED ne suggéra aucune explication sur le phénomène mais publia le 21 juillet 1820 ses résultats expérimentaux, critiqués au sein de la communauté scientifique de l'époque.

C'est en septembre de la même année qu'André Marie AMPERE (1775-1836)¹, mathématicien, physicien, chimiste et philosophe français, à



b) Le champ électromagnétique ¹⁸

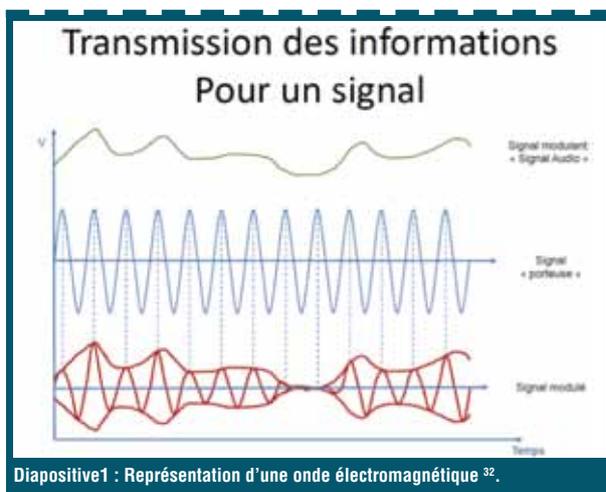
C'est en quelque sorte un nuage invisible qui rayonne autour de tout appareil électrique branché. Si on place un objet métallique dans le champ, il sera influencé par ce champ (une tension et un courant prendront naissance aux extrémités de cet objet). Le champ électromagnétique diminuera avec l'éloignement mais d'autant plus lentement que l'appareil électrique sera grand (une ligne à haute tension sera nocive jusqu'à plus de 200 m alors qu'une micro-onde qui dégage plus ou moins le même champ électromagnétique ne sera plus nocif à 1 m).

Le champ électromagnétique existe également dans le milieu naturel, même en dehors de toute activité humaine. Les êtres humains émettent des champs électromagnétiques. On mesure par exemple le champ électromagnétique émis par le cerveau avec un électroencéphalogramme et le champ émis par le cœur avec un électrocardiogramme (par exemple, le cœur crée un champ magnétique de 0.0005 mG alors que le cerveau produit un champ magnétique de 10-6 mG). Quand un être vivant est exposé à un champ électromagnétique, des courants et des tensions sont créés dans le corps. La sensibilité aux champs électromagnétiques émis sera d'autant plus importante que le corps sera grand, c'est pourquoi les animaux de petite taille sont moins sensibles que ceux de grande taille (par exemple, le rat sera 12.5 fois moins sensible que l'homme au champ électromagnétique).

Cette structure dynamique des champs électriques et magnétiques se propageant à travers l'espace est appelée onde électromagnétique. ⁶ L'équation d'onde électromagnétique de Maxwell prévoit l'existence d'une onde associée aux oscillations des champs électriques et magnétiques et se déplaçant dans le vide à la vitesse de la lumière (300 000 Km/s)

c) Les ondes électromagnétiques ²⁻⁶⁻¹⁸

Depuis plus d'un siècle, l'homme a créé des systèmes de communication sans fil qui sont basés sur l'électromagnétisme. Pour permettre cette transmission d'information dans l'espace on parle, des communications sans fil, de porteuse ou onde porteuse. L'onde porteuse, généralement d'une fréquence plus élevée que le signal d'entrée, permet de transmettre l'information à travers l'espace sous forme d'onde électromagnétique.



Pour information la propagation des ondes électromagnétiques dans l'espace vide se fait à la vitesse de la lumière (300 000 Kms/s) et avec une atténuation proportionnelle au carré de la distance. Ces

ondes sont atténuées par les obstacles selon leur longueur d'onde, la nature des matériaux et leur dimension.

Voici celles que l'homme a créé depuis un peu plus d'un siècle (Diapositive 2).



Aujourd'hui, la plus grande source d'énergie électromagnétique naturelle est le soleil, son énergie est incomparable à toutes les autres.

Il existe de nombreuses sortes d'énergies rayonnantes composées d'ondes électromagnétiques; la lumière elle-même est de nature électromagnétique et il en est de même des rayons X et gamma. La différence entre ces rayonnements électromagnétiques réside dans la fréquence de leur oscillation (alternance de polarité des champs électriques et magnétiques).

De nos jours dans les aides auditives ce principe de fonctionnement se vérifie également au travers des équipements FM, ou des accessoires périphériques mis à disposition des audioprothésistes comme les interfaces TV, téléphone ou autres qui utilisent les plages de fréquences qui s'étendent entre 3,144 MHz et 2,4 GHz ¹⁰⁻¹⁴⁻²⁷⁻²⁸⁻²⁹⁻³¹⁻³²⁻³³⁻³⁴⁻³⁵⁻³⁶⁻³⁸⁻³⁹⁻⁴⁰

Electromagnétisme et ondes électromagnétiques appliquées à l'audioprothèse ^{27 à 40}

En audioprothèse, aujourd'hui, il existe des techniques de communication sans fil différentes :

- Position « T »,
- La FM ou la DM (Digital Modulation 2.4 GHz - Roger),
- L'Induction Numérique Codée (INC),
- La radiofréquence sur les plages de l'Industrie Scientifique et Médicale (ISM) et le BLUETOOTH qui suivent la directive NF EN 55011.

a) La position "T"

Lorsqu'une aide auditive bascule son entrée microphone en position « T », l'appareil ne capte plus les déplacements de molécules d'air ou variations de pression acoustique mais un champ électromagnétique, grâce à une bobine réceptrice appelée « Telecoïl ou bobine téléphonique ».

Ce système a été créé à la base pour récupérer le signal direct du téléphone ou celui d'un orateur dans une salle équipée d'une boucle émettrice (Diapositive 3) ³².



Transmission de données

– Existe depuis longtemps de façon analogique sous forme de transmission électromagnétique:

- Bobine inductive (T),

Diapositive 3

La portée du champ est dépendante de l'intensité délivrée par l'équipement. Il est possible d'étendre la portée du signal émis grâce à des amplificateurs, mais ce dernier reste limité au périmètre défini par la longueur du fil et la puissance du champ émis (Del Rio, Fouquet ; 2013).

b) Les systèmes FM ou DM (2.4GHz) ^{32 à 35}

Les systèmes FM « Frequency Modulation ou Modulation de Fréquence » (Diapositive 4) fonctionnent sur le principe des ondes radios, ou ondes électromagnétiques, selon les règles décrites précédemment, et permettent également une amélioration significative du rapport signal sur bruit, et ce depuis des années.

Ces matériels existaient bien avant que les industriels développent des systèmes de communication entre les aides auditives qui transmettent des données sans ajouter un récepteur sur l'aide auditive. Voici quelques exemples d'équipements qui utilisent le principe des ondes radios dont la plage fréquentielle se situe entre 169 Mhz à 176 Mhz puis dernièrement 2,4G Hz selon les protocoles ISM (Industriels Scientifiques et Médicaux) (Diapositive 4).

Les systèmes FM ou DM (2,4GHz)

Diapositive 4

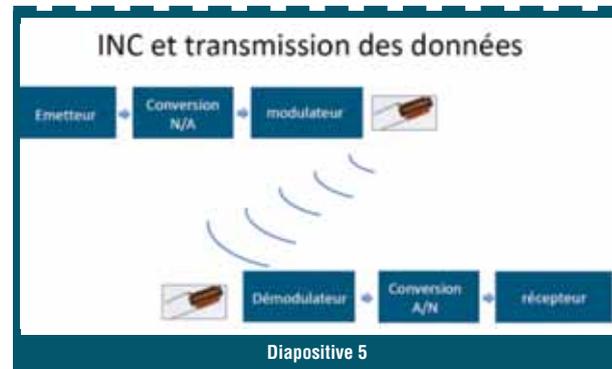
Le principal avantage de ces systèmes repose sur la distance entre l'émetteur et le récepteur qui peut atteindre 30m à 50m ^{32 à 35} en fonction des obstacles environnants. Depuis quelques années les fabricants ont mis au point des équipements plus discrets, moins onéreux qui utilisent également le principe de communication sans fil entre les aides auditives.

c) L'Induction Numérique Codée (INC)

La majorité des industriels utilisent cette technologie en fonction des modèles. Elle permet de communiquer entre les aides auditives

ou avec des interfaces, des impulsions numériques, des ordres ou encore des signaux audio-numériques.

Le principe reste simple une antenne sert d'émetteur et l'autre de récepteur numérique inductif. (Diapositive 5)



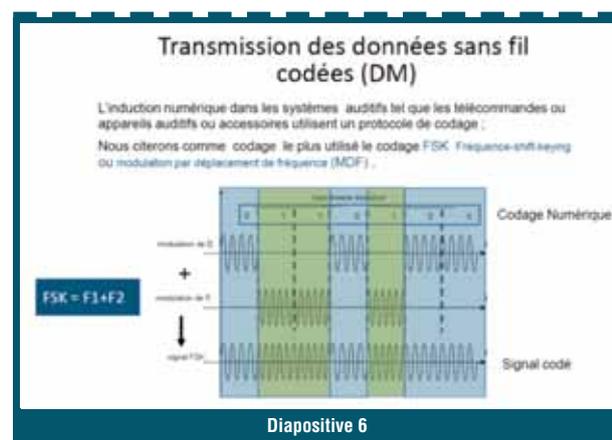
La taille des antennes varie entre les fabricants, chez Widex ³⁹⁻⁴⁰ elle est de 4,85 mm de long et 1,8 mm de diamètre, chez SIGNIA, elle représente moins de 7% du Circuit Intégré, et l'antenne est directement intégrée dans ce dernier ³⁶.

Le rôle de l'antenne est de permettre aux appareils auditifs de communiquer avec une portée de 20cm à 1 mètre :

- Soit vis-à-vis d'une interface numérique,
- Soit entre eux.

La plage de transmission s'étend de 3,144 MHz à 10,6 MHz selon les fabricants. Aujourd'hui, cinq industriels utilisent cette technologie (Signia 3.144 à 3.4 MHz, Oticon 3.84 MHz, Phonak, Starkey et Widex 10.21 à 10.6 MHz).

Le transfert des données entre les appareils est bidirectionnel et la vitesse de transfert des données varie en fonction des industriels de 64 à 192 Kbits/s ^{31 à 40}. On utilise un système de codage par Modulation par Déplacement de Fréquence (MDF ou FSK) (diapositive 6).



La consommation de ce système reste faible, environ 1 mW et en moyenne 20 fois inférieure aux technologies BLUETOOTH traditionnelles.

Par ailleurs, cette technologie peut obliger les porteurs d'aides auditives à utiliser une interface pour récupérer le signal, habituellement les interfaces utilisent la technologie Bluetooth ou ISM 2.4 GHz ^{4-8-16-19-20-21-22-27 à 40} (Diapositive 7).



d) Les systèmes de communication radiofréquence ISM et Bluetooth

En France les systèmes doivent se conformer à la directive NF EN 55011²².

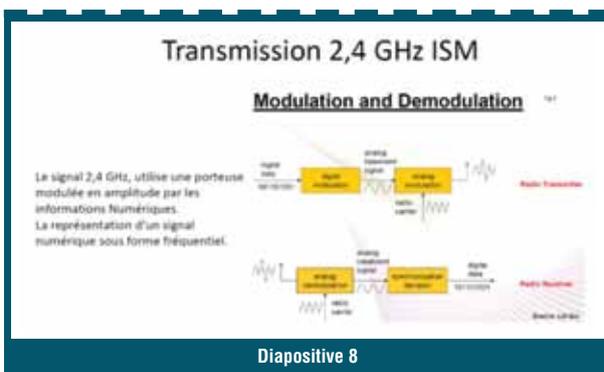
En audioprothèse les industriels utilisent les bandes de fréquence dédiées à l'Industrie Scientifique et Médicale (ISM) qui correspondent à 400/800/900MHz et 2.4 GHz⁸⁻³⁴.

Ils utilisent également le système BLUETOOTH qui opère dans la bande fréquentielle comprise entre 2.4 GHz et 2.483 GHz et qui a connu de nombreuses évolutions depuis sa création¹⁹⁻²⁰⁻²¹⁻³¹⁻³⁵⁻³⁶⁻³⁸⁻⁴⁰.

L'autorisation de l'ARCEP (Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes) n'est pas indispensable à partir du moment où la portée et la puissance restent faibles³².

1. Principe de fonctionnement

Globalement le système fonctionne comme l'INC, sauf qu'on n'utilise pas la même bande de fréquence. La transmission se fait à l'aide d'une porteuse modulée en amplitude par les informations numériques et conformément au principe décrit ci-après. Prenons comme exemple la fréquence 2,4 GHz. Le signal numérique est converti en signal analogique associé à la porteuse, afin d'être transmis de l'émetteur radio vers le récepteur radio. Ce dernier récupère alors le signal analogique qui subit une transformation en signal numérique (diapositive 8).



Voici une coupe d'aide auditive équipée de deux systèmes d'antenne INC (10.6MHz) et 2.4GHz (diapositive 9)³⁹⁻⁴⁰.

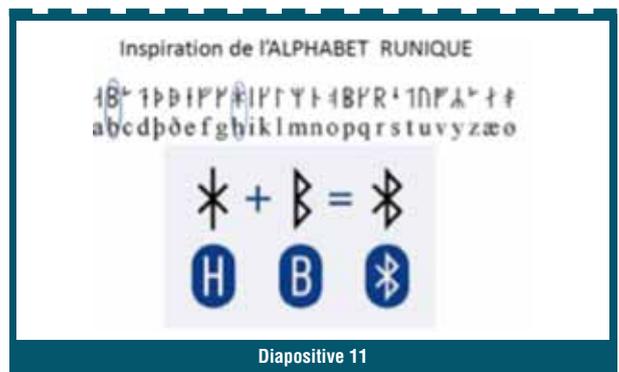


2. Quelques données sur le BLUETOOTH et son évolution

Le nom BLUETOOTH est proposé par Jim Kardach¹² ingénieur chez INTEL en 1996. Il travaille alors sur le développement de la communication entre ordinateur et téléphone cellulaire. Son homologue de chez Ericsson⁷ lui parle de Harald Blatand, surnommé Harald Bluetooth (Harald à la dent bleue à cause de son léger penchant pour les mûres), roi danois du 10^{ème} siècle, car il lisait un livre indiquant que ce roi avait unifié les peuples du Danemark et de la Norvège; au même titre, Bluetooth unifie télécommunications et ordinateurs entre eux. (diapositive 10)



En ce qui concerne le LOGO, il provient de la forme des lettres de l'alphabet runique du H de Harald et B de Blatand correspondent respectivement au sigle du BLUETOOTH : comme on peut le constater dans l'image suivante (diapositive 11).



Le Bluetooth est créé en 1996 par Ericsson, les versions et protocoles évoluent selon la chronologie suivante avec la formation d'un groupe d'entreprises appelé SIG (Bluetooth Special Interest Group) :



- 1996 : création de la Norme par Ericsson à Lund
- 1998 : IBM, Intel, Nokia et Toshiba s'associent avec Ericsson et forment le BSIG (Bluetooth Special Interest Group) ²¹
- 1999 : 1^{er} téléphone Bluetooth 1.0 puis élargissement à 3com, Lucent, Microsoft, Motorola
- 2004 : version 2.0 débit 2,1Mbit/s
- 2009 : version 3
- 2010 : version 4 et du BLE (Bluetooth Low Energy débit proche de 1Mbit/s)
- 2013 : version 4.1
- 2014 : version 4.2
- Décembre 2016: version 5 portée de 40 à 120m (BLE débit proche de 2.1Mbit/s) ²⁰

En audioprothèse, on utilise la version 4.2 BLE Bluetooth Low Energy (Bluetooth à faible consommation d'énergie), qui permet une transmission des données de qualité tout en limitant la consommation par rapport aux anciens systèmes.

Il existe trois classes de Bluetooth dont la puissance n'est pas la même, permettant ainsi au système d'optimiser la distance entre émetteur et récepteur :

- Classe 1 - Puissance=100 mW Portée 100 m
- Classe 2 - Puissance=2,5 mW Portée 10 à 20 m
- Classe 3 - Puissance=1 mW portée quelques mètres voire jusqu'à 15 m (en audioprothèse)

Il existe également 25 profils de Bluetooth actuellement, mais l'audioprothèse ne s'intéresse qu'à 3 d'entre eux en particulier ¹⁹ :

- A2DP qui signifie Advanced Audio Distribution Profile (STREAMING audio) :
 - Il est dédié à la transmission audio de qualité.
 - Un exemple type d'utilisation est le streaming audio à l'aide d'une connexion Bluetooth.
- HSP - HeadSet Profile (CASQUE) :
 - Il permet le transfert d'informations & son.
 - Les fonctions HSP sont très limitées, l'oreillette peut décrocher et raccrocher, via un unique bouton.
- HFP - Hands Free Profile (KIT MAIN LIBRE) :
 - Le Profil HFP est très proche du Profil HSP (HeadSet) mais offre plus de possibilités de contrôle.
 - Il est prévu spécifiquement pour les systèmes mains libres. La gestion audio est identique au HSP, mais on peut commander, composer un numéro, rappeler le dernier numéro, changer le volume, etc.

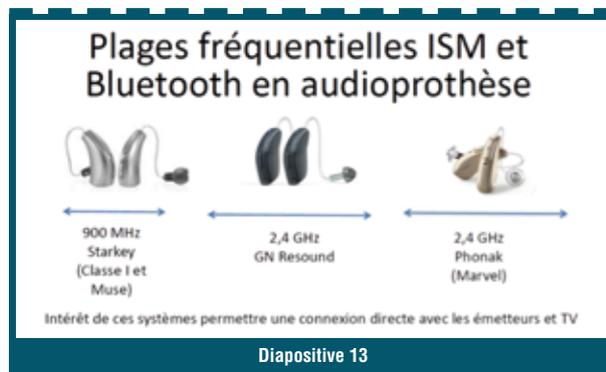
En audiologie voici les terminologies que nous rencontrons actuellement et les protocoles utilisés ^{27-28-31-34 à 40} :

- MFI : Made For Iphone utilise le protocole LEA Low Energy Apple = BLE mais pour APPLE = profil A2DP :
 - Bluetooth 4.2 compatibilité avec tous les IPHONES (5c minimum) et tablettes IPAD (bande passante jusqu'à 9,5KHz).
- MFA : Made For All « A2DP / HFP » :
 - Bluetooth 4.2 et plus, voix.
- ASHA : Audio Streaming for Hearing Aids « A2DP » pour Android 10 et Google Pixel3 :
 - Bluetooth 4.2 (bande passante 7KHz).
- Bluetooth Low Energy (BLE) :
 - Bluetooth 4.2 (Android et iOS) pour les applications sur smartphone.
 - La consommation a fortement diminué mais se retrouve comprise entre 2 et 5mW (diapositive 12) ²⁷⁻³¹⁻³⁴⁻³⁶⁻³⁸⁻⁴⁰.

3. Dans certains modèles d'aides auditives

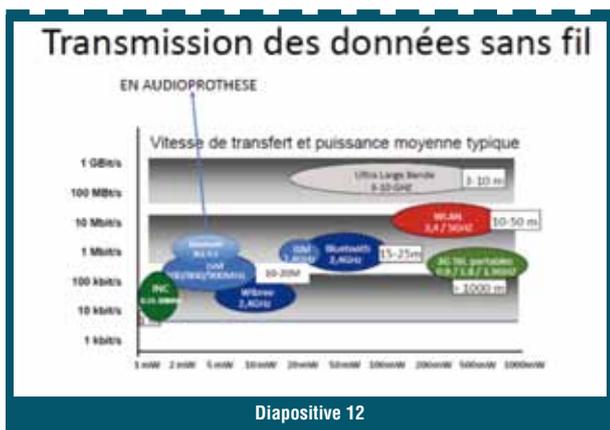
Certains industriels n'utilisent la radiofréquence pour la communication entre les aides auditives et les interfaces que sur certains de leurs modèles, et d'autres utilisent la double technologie INC et Bluetooth.

Actuellement trois industriels (Starkey, Gn Resound et Phonak ^{28-34 38}) ont recours à cette stratégie pour communiquer entre les aides auditives, et uniquement pour certains de leurs modèles chez Starkey et Phonak. Alors que GN Resound utilise la technologie Bluetooth ou ISM sur tous ses modèles. Cette stratégie est basée sur la radiofréquence dont les plages fréquentielles varient entre 900 MHz et 2,4 GHz selon les fabricants (Diapositive 13).



L'atout majeur de cette technologie est l'absence d'interface entre les aides auditives et l'émetteur.

Cependant, l'énergie dépensée provient essentiellement de la pile de l'aide auditive ou de la batterie pour les modèles les plus récents.



Les accessoires chez OTICON



Diapositive 15

Les accessoires chez Widex



Diapositive 19

LES ACCESSOIRES ET LEUR MODE DE TRANSMISSION chez PHONAK



Diapositive 16

Les accessoires pour les aides auditives STARKEY qui utilisent les protocoles ISM 900MHz



Diapositive 20

LES ACCESSOIRES ET LEUR MODE DE TRANSMISSION chez PHONAK



Diapositive 17

Les accessoires pour les aides auditives STARKEY qui utilisent les protocoles ISM 2,4GHz BLE



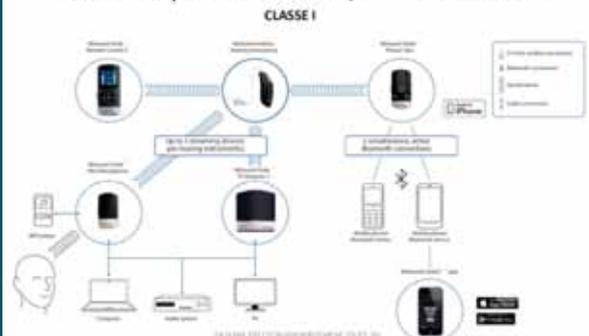
Diapositive 21

Les accessoires chez Widex



Diapositive 18

Les accessoires pour les aides auditives qui utilisent les protocoles ISM 2,4GHz GN Resound



Diapositive 22



Les accessoires pour les aides auditives qui utilisent les protocoles ISM 2,4GHz GN Resound

CLASSE II

Diapositive 23

4. Résumé des différents protocoles de liaisons utilisés actuellement

On retrouvera dans les diapositives 14 à 23 les différents protocoles de liaison en fonction des industriels et de la classe du produit :

Les industriels ont mis en place des protocoles spécifiques qui permettent de réduire les délais de 20 à 65 ms. Cela permet d'éviter l'écho.

La notion de distance est diminuée à 10m au lieu des 20m pour les systèmes qui n'utilisent pas d'interface, afin de réduire la consommation de la pile ou des batteries.

L'intérêt important du BLE réside dans la diminution de la consommation et l'augmentation des taux de transfert de données qui passent de 300 kBits/s à 1 Mbits/s.

Le tableau qui suit (diapositive 24) récapitule les différences entre INC / ISM 900 MHz, 2.4 GHz et BLE 4.2 en audioprothèse.

Tous ces systèmes de communication sans fil suscitent des interrogations sur leurs éventuels effets sur la santé des utilisateurs.

5. Existe-t-il une incidence quelconque sur la santé ?

De nombreuses études menées par l'OMS sur le sujet n'ont pas permis de conclure qu'une exposition aux champs électromagnétiques des téléphones mobiles et de leurs stations de base pouvait avoir des effets néfastes sur la santé des humains.

Suite à la recommandation 1999/519/CE du conseil du 12 juillet 1999 paraîtra le décret du 8 octobre 2003 relatif à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz), qui fixe la réglementation qui sert à mesurer le DAS (Débit d'Absorption Spécifique) ^{23 à 26}.

Cet Indice permet de mesurer le niveau de radiofréquences émis par un périphérique vers un usager, lorsque le périphérique fonctionne à pleine puissance.

Il s'exprime en W/kg et est interdépendant de la distance par rapport à la source.

Les réglementations :

- pour les USA, le DAS doit être <1,6 W/kg pour 1 g de tissu,
- pour l'Union Européenne le DAS <2W/kg pour 10g de tissu.

Si on regarde les données techniques des fabricants en audioprothèse, on constate que le niveau est de 30 à 1000 fois moins important qu'un GSM (Diapositive 25).

Tout ceci paraît rassurant compte-tenu que le port d'un appareillage auditif est continu tout au long de la journée. Le port correspond souvent à plus de 10 heures par jour, ce que nous constatons quotidiennement en interrogeant la mémoire des aides auditives.

6. En conclusion

Toutes les aides auditives proposées actuellement possèdent des systèmes de liaisons sans fil. C'est un véritable atout pour le malentendant car il peut bénéficier de stratégies complémentaires qui améliorent sans cesse ses capacités de décodage et de compréhension dans la vie quotidienne.

Tableau récapitulatif des différences entre INC / ISM 900MHz, 2,4GHz et BLE 4,2

Technologies	INC	ISM 900MHz et 2,4GHz	BLE 4,2
Caractéristiques			
Interface	OUI	Téléphone OUI La Télévision NON	Téléphone NON La Télévision NON
Porteuse	3,28 et 3,64MHz 11,88MHz	900MHz ou 2,4 GHz	2,4 GHz
Puissance électrique	1 à 1,5mW	3 à 5 mW	1 à 2,5mW
Transfert de données	160 à 296 Kbits/s	300Kbits/s	1Mbits/s
Portée	80 cm à 1 m	Jusqu'à 7m	Jusqu'à 15m

Diapositive 24

Technologies	INC	FM	900MHz ET 2,4GHz	Systèmes FM Roger 2,4 GHz	Bluetooth			802.11b (WiFi) 2,4 GHz	GSM
					Classe 1	Classe 2 BLE	Classe 3 BLE		
DAS (W/kg)	<0,001	0,005	NC	0,05	0,466	0,00319	<0,002	0,73	0,3 – 1,75

Diapositive 25

Il y a aujourd'hui un choix exhaustif d'aides auditives et d'accessoires périphériques associés, qui permettent d'apporter le meilleur confort auditif au patient malgré ses capacités cognitives diminuées.

Dans la proposition d'adaptation prothétique et de choix prothétique, les accessoires doivent être intégrés de façon systématique.

Les systèmes de liaison sans fil utilisés en audioprothèse ne semblent pas avoir un effet nuisible sur la santé compte tenu de leur faible puissance électromagnétique délivrée (en moyenne 1000 fois inférieurs au DAS des téléphones portables).

Actuellement et dans un futur proche, l'EHIMA (European Hearing Instrument Manufacturers Association) travaille sur un standard avec le Bluetooth SIG afin de créer le BT HAP (Bluetooth Hearing Aid Profile) spécifique aux aides auditives de la future génération.

Bibliographie

1. AMPERE André-Marie Encyclopédie Universalis volume 16 (page 188)
2. BOLOMEY Jean Charles (chef du service d'électromagnétisme à l'École supérieure d'électricité) : ANTENNES - Technologie – Encyclopédie Universalis « Récepteur radio »
3. Champs magnétiques et radiofréquences (2006) <http://www.cusstr.ch/repository/17.pdf>
4. COTARAMANAC'H ECHEVARRIA Alexandre (ingénieur du corps des télécommunications) – WALLSTEIN René (ingénieur consultant) : TELECOMMUNICATIONS – La communication sans fil – Encyclopédie Universalis « Bluetooth »
5. DEL RIO M. & FOUQUET O. (2013) ; La boucle d'induction magnétique toujours d'actualité en 2013 ! Les Cahiers de l'audition ; (26-30)
6. DONININI Jean-Marie (agrégé de physique maître de conférence) - QUARANTA Lucien (maîtres de conférences) ELECTRICITE - Lois et applications – Encyclopédie Universalis
7. Ericsson, « Milestones in the Bluetooth advance », <https://web.archive.org/web/20040620150507/http://www.ericsson.com/bluetooth/companyove/history-bl/>, 20 juin 2004.
8. ETSI EN 300 328 V1.7.1 (2006-05), https://people.eecs.berkeley.edu/~culler/AIT/papers/standards/EC%20en_300328v010701o.pdf, cs.berkeley.edu
9. FARADAY Michel : Encyclopédie Universalis volume 17 (page 1536)
10. GROTH J. & PEDERSON B.P. (2010) How user requirements affect technology choice for wireless hearing instruments. Resound White Paper article.
11. JESPERSEN C. T. & LAUREYNS M. (2012) Resound unite Mini Microphone pour une compréhension optimale. Resound White Paper article.
12. Jim Kardach, « Tech History: How Bluetooth got its name », <https://www.eetimes.com/tech-history-how-bluetooth-got-its-name/>, EETimes, 3 April 2008
13. JOERGENSEN H.S., BAEKGAARD L., BENDTSEN B. (2013) La consommation des piles dans les aides auditives sans fil, fiche technique versus performance réelle. Widex Publication.
14. KORHONEN P. (2012) Widexlink : Robust Wireless Transmission in Adverse Conditions. Widex.
15. MAXWELL James Clerk : Encyclopédie Universalis volume 19 (page 2512)
16. Brent A. Miller, « Bluetooth : A Wireless Personal Area Network », dans Hossein Bidgol, éd. The Internet Encyclopedia, Volume 1, John Wiley & Sons, 2004, p. 84-85.
17. OERSTED Hans Christian : Encyclopédie Universalis volume 17 (page 1428)
18. PIRE Bernard (directeur de recherche au CNRS, centre de physique théorique de l'école polytechnique) : ELECTROMAGNETISME - Encyclopédie Universalis
19. Specification of the Bluetooth System, voir «Revision history», p.415 http://grouper.ieee.org/groups/802/15/Bluetooth/profile_10_b.pdf, décembre 1999
20. La version 5 du Bluetooth est finalisée, <https://www.lesmobiles.com/actualite/23607-bluetooth-5-0-enfin-une-vraie-nouvelle-version-du-bluetooth.html>, décembre 2016
21. Welcome to the official Bluetooth Special Interest Group member website, <https://www.bluetooth.com/>
22. NORME AFNOR NF EN 55011 sur les protocoles ISM
23. RECOMMANDATION 1999/519/CE DU CONSEIL du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz)
24. Arrêté du 8 octobre 2003 relatif à l'information des consommateurs sur les équipements terminaux radioélectriques pris en application de l'article R. 20-10 du code des postes et télécommunications. Article 1er: Le débit d'absorption spécifique (DAS) local dans la tête figure de façon lisible et visible dans la notice d'emploi des équipements terminaux radioélectriques destinés à être utilisés en France.
25. Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) 814.710 http://www.admin.ch/ch/f/rs/814_710/index.html
26. Limite d'exposition humaine aux champs de 3kHz à 300 GHz (Canada) http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/brp_pubs/99dhm237.pdf
27. GN RESOUND - <http://gnresoundblog.com/2013/06/19/wireless-technology-the-evolution/>
28. GN RESOUND – ASHA (2019)
29. OTICON - Le livre blanc Oticon (2011) The Rise Wireless Connectivity Architecture.
30. OTICON – THE VELOX PLATFORM – TECH PAPER (2016)
31. OTICON – TWINLINK VELOX (2019)
32. PHONAK - Franck Lucarelli, (2013) Transmissions sans fil. Phonak Universités d'été
33. PHONAK - Aides auditives sans fil (2010)
34. PHONAK- WIRELESS FACT SHEET- Aides auditives sans fil à connectivité directe (2018)
35. PHONAK Focus sur la technologie Bluetooth (2018)
36. SIGNIA - Mickaël Ménard (2018-2019)
37. SIGNIA – Présentations NX – Veille technique Styletto Connect – Xperience Resume
38. STARKEY – Wireless – Livio connectivité
39. WIDEX – Haute Technologie confort et design (2015)
40. WIDEX – Haute Technologie confort et design (2017)



Imagerie cérébrale fonctionnelle et acouphène

Audrey Maudoux MD PhD¹⁻²

1 - Service d'Oto-Rhino-Laryngologie et chirurgie cervicofaciale, Hôpital Robert Debré, APHP Paris, France

2 - Service d'Oto-Rhino-Laryngologie et chirurgie cervicofaciale, CHU de Liège, Belgique

1 - Introduction

Au cours des précédentes décennies, de nouvelles techniques d'imagerie ont permis l'étude du cerveau in vivo. Depuis plusieurs années ces techniques sont utilisées pour l'étude des fonctions auditives à la fois chez les sujets sains et les sujets avec déficit auditif. Elles nous permettent de mieux comprendre comment le cerveau procède à la réalisation de processus auditifs simples telle l'analyse fréquentielle et de progresser sur notre compréhension de processus bien plus complexes tels que l'écoute de la musique, le déchiffrement du langage ou les acouphènes. Ainsi la littérature scientifique offre un nombre croissant d'articles dédiés à l'étude des processus auditifs utilisant les techniques d'imagerie fonctionnelle. Le but de cet article est de donner des informations sur les différentes techniques d'imagerie et d'illustrer leur utilité via quelques exemples pratiques tirés de la littérature des acouphènes.

Les techniques d'imagerie fonctionnelle sont principalement divisées en deux catégories. La première reprend les techniques reposant sur l'étude de l'activité électrique du cerveau, c'est l'électroencéphalographie (EEG) ou la magnétoencéphalographie (MEG). Ces techniques fournissent une résolution temporelle importante (10-100 ms) mais une pauvre résolution spatiale (< 1 cm). Le deuxième groupe reprend les techniques permettant la détection de modifications de l'activité cérébrale locale. Il englobe la tomographie par émission de positons (TEP) et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf).

2 - Electroencéphalographie et Magnétoencéphalographie

L'EEG mesure l'activité électrique du cerveau grâce à des électrodes placées en surface. Lors de son activation le neurone déclenche un potentiel d'action, couramment appelé influx nerveux. Ce potentiel d'action se propage alors le long de l'axone en générant un courant électrique qui est capté par les électrodes de surfaces de l'EEG. Chaque électrode capte l'activité électrique des assemblées de neurones corticaux qui se situent sous elle et la retranscrit sous forme de tracé appelé électroencéphalogramme. Le principe de fonctionnement de la MEG est assez similaire si ce n'est qu'elle mesure les variations de champ magnétique générées par l'activité électrique des neurones.

Les tracés EEG ou MEG peuvent être décomposés afin d'identifier des activités électriques cérébrales rythmiques (grâce à une transformation de Fourier). Cela permet l'individualisation de rythmes cérébraux classés selon leur fréquence (ondes delta <4Hz ; ondes theta de 4 à 7Hz ; ondes alpha de 8 à 15Hz etc.). Chaque fréquence d'oscillation a une signification biologique et est associée à certains états de fonctionnement cérébral (sommeil, relaxation, processus cognitifs...). Ainsi l'analyse des composants fréquentiels nous renseigne sur le fonctionnement cérébral associé à certains processus physiologiques ou pathologiques. Il est également possible de localiser l'origine des signaux électriques captés en surface afin de préciser les zones cérébrales impliquées dans ces modifications de rythme.

Une des théories visant à expliquer l'apparition des acouphènes a été développée par Llinas et se nomme « thalamocortical dysrhythmia »¹. Selon cette théorie, l'acouphène aurait pour origine une modification des entrées au niveau thalamique entraînant une modification des interactions thalamo-corticales se traduisant par une modification des rythmes d'oscillation neuronal. En 2005, Weisz et al. a étudié l'activité électrique du cerveau de patients souffrant d'acouphène en utilisant la MEG². Il a mis en évidence une augmentation des ondes delta (<4Hz) et une diminution des ondes alpha (8 à 15Hz) chez les patients acouphéniques comparés à des sujets normaux. Ces modifications de rythme d'oscillation neuronal étaient principalement localisées au niveau des aires temporales. Cette observation venait soutenir la théorie de Llinas.

3- Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

L'IRM utilise un champ magnétique puissant qui a pour conséquence d'aligner les protons de l'organisme. L'application d'un bref signal de radiofréquence change le « tilt » des protons alignés. La mesure de l'énergie libérée lorsque les protons reviennent à leurs positions initiales renseigne sur la composition chimique et donc sur la nature des tissus biologiques en chaque point du volume scanné. L'IRM fonctionnelle quant à elle se base sur la détection du signal BOLD (Blood Oxygen Level Dependent)³. Ce signal se base sur les propriétés magnétiques différentes de l'oxyhémoglobine et de la désoxyhémoglobine. La désoxyhb est légèrement paramagnétique par rapport au tissu cérébral alors que l'oxyhb est globalement isomagnétique. Les vaisseaux transportant du sang partiellement isomagnétique. Les vaisseaux transportant du sang partiellement désoxygéné perturbent le champ magnétique à leur voisinage⁴. L'augmentation de l'activité cérébrale implique une augmentation de la consommation de substrat énergétique dont l'apport est majoré via une augmentation du débit sanguin. Cette augmentation de débit sanguin liée à l'activité neuronale est traduite par une augmentation du signal BOLD, lui-même reflétant la modification de la balance oxy-désoxyhémoglobine.

La majorité des études en IRMf se sont concentrées sur l'étude de l'activité cérébrale en réponse à une stimulation extérieure ou lors de la réalisation d'une tâche bien précise, comparant l'activité cérébrale associée à cette tâche avec celle observée lors d'une condition de base. Actuellement une attention toute particulière est portée sur l'étude de l'activité cérébrale à l'état de repos (resting-state) en examinant les corrélations présentes dans les fluctuations lentes (< 0,1 Hz) spontanées du signal BOLD en l'absence de toute tâche ou stimulation⁵⁻⁷. Il est donc possible de réaliser des études du fonctionnement du système auditif central « au repos ». Lors de nos études, nous avons comparé le réseau auditif « au repos » de patients acouphéniques à celui de sujets sains. Nos résultats ont confirmé l'implication de régions cérébrales auditives, mais également extra-auditives, dans la physiopathologie des acouphènes (figure 1)⁸.

Nos données ont montré que la perception de l'acouphène n'est pas seulement liée à l'activité neuronale des zones sensorielles dédiées à la perception auditive, mais qu'elle est également associée à des changements d'activité au sein du système attentionnel, des régions impliquées dans la mémoire et des réseaux émotionnels.

La fonction d'une région cérébrale ne peut être totalement comprise en l'étudiant de manière isolée. Elle doit être replacée au sein du cerveau et étudiée en conjonction avec les régions cérébrales avec lesquelles elle interagit. Cette approche est essentielle pour comprendre le fonctionnement du cerveau. Des régions ayant une activité synchrone sont considérées comme fonctionnellement connectées entre-elles et constituent un réseau fonctionnel. Ces réseaux peuvent être altérés dans divers états pathologiques. Nous nous sommes penchés sur l'étude des modifications de connectivité entre le cortex auditif et le reste du cerveau chez des sujets avec acouphène. Nous avons fournis des preuves de la modification de la connectivité cérébrale du cortex auditif chez les personnes souffrant d'acouphènes chroniques et mis en évidence le rôle essentiel de la région parahippocampique 9. En effet, les patients avec acouphène ont une plus forte interaction entre le cortex auditif et la région parahippocampique (Figure 2). En régulant l'entrée des informations auditives dans le système méso-temporal, la région parahippocampique est bien placée pour jouer un rôle dans la conservation des informations sensorielles et dans l'évaluation de la saillance d'un stimulus auditif. Un dysfonctionnement de cette région pourrait expliquer la perception consciente de l'acouphène. Cette observation montre l'importance de l'interaction entre différentes régions cérébrales dans l'émergence de l'acouphène.

4 - Théorie des graphes et Big Data

Nous savons que le cerveau est organisé comme un réseau composé de multiples connexions entre des ensembles de neurones. La connectomique est le domaine scientifique s'intéressant à l'établissement de la cartographie et de l'analyse de différents réseaux neuronaux. Au cours de ces dernières années, notre capacité à quantifier la topologie complexe de ce réseau s'est développée grâce aux outils d'analyse mathématiques issus de la « théorie des graphes » (théorie informatique et mathématique dont les algorithmes ont de nombreuses applications dans tous les domaines liés à la notion de réseau, comme les analyses de réseaux de communication, réseaux routiers...) ¹⁰. Ainsi le cerveau peut être modélisé par un graphe dont les sommets représentent des régions cérébrales et les arrêtes entre deux sommets la force de leur connexion. Il est ensuite possible d'étudier les diverses propriétés de ce graphe afin d'obtenir des renseignements sur l'efficacité et l'organisation des réseaux neuronaux. En effet, le cerveau étant un système complexe dont les propriétés émergent de l'interaction de ses constituants, l'étude de son réseau est incontournable. L'objectif étant de regarder les modifications de dynamique du réseau induites par certains états pathologiques et/ou celles induites par certains traitements.

Nos travaux actuels portent sur l'étude de l'organisation topologique des réseaux neuronaux de patients souffrants d'acouphène comparés à des sujets contrôle. Nos résultats préliminaires montrent une modification des propriétés topologiques du cerveau des patients avec acouphène, preuve que le cerveau de ces patients s'écarte du fonctionnement optimal observé chez les sujets témoins. Nous projetons de futures analyses visant à préciser les régions cérébrales qui entraînent les modifications d'organisation observées et comment ces observations peuvent être corrélées aux

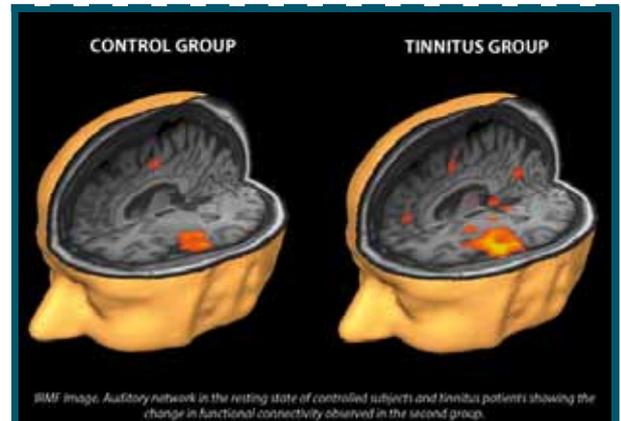


Figure 1 : Réseau auditif « au repos » de sujets sains (à gauche) et de patients acouphéniques (à droite). On observe la présence plus importante de régions cérébrales extra-auditives chez les sujets souffrant d'acouphène.

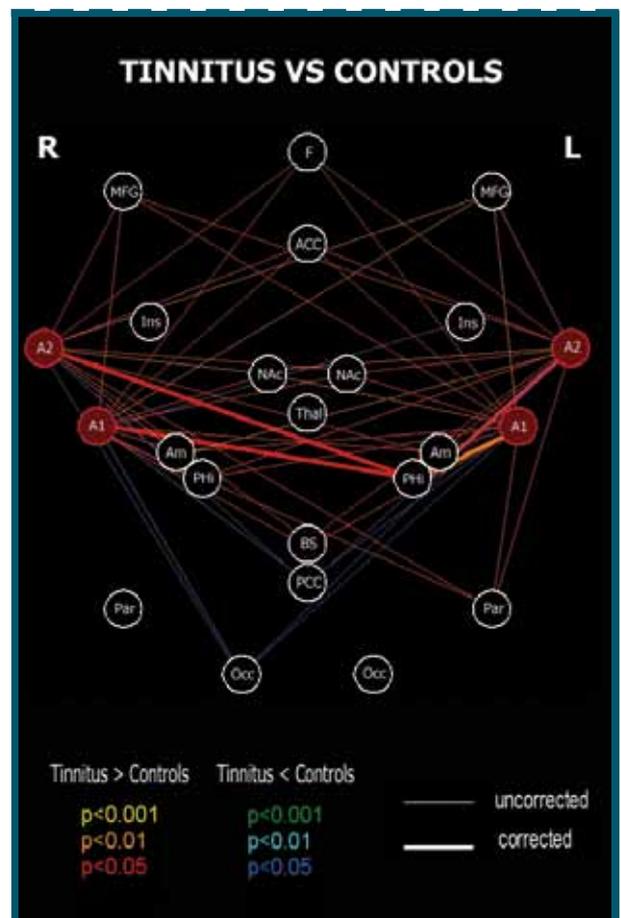


Figure 2 : Différence de connectivité fonctionnelle entre sujets contrôle et sujets avec acouphène en se focalisant sur les interactions entre cortex auditifs et le reste du cerveau. Les lignes rouges (bleues), oranges (turquoises), jaunes (vertes) représentent les différences de connectivité positives (négatives) entre les deux groupes avec, respectivement, une valeur de p inférieure à 0.05, 0.01 et 0.001. Les patients avec acouphène ont une plus forte interaction entre le cortex auditif et la région parahippocampique. A1, Cortex auditif primaire; A2, Gyrus temporal supérieur, région auditive; ACC, Cortex cingulaire antérieur; Am, Amygdale; BS, Tronc cérébral; F, Mesiofrontal; Ins, Insula; MFG, Gyrus frontal moyen; Nac, Ganglions de la base/Nucleus accumbens; Occ, Région Occipitale; Par, Région pariétale; PCC, Cortex cingulaire postérieur/Précuneus; Phi, Gyrus parahippocampique; Thal, Thalamus
Figure publié initialement dans [9].



caractéristiques cliniques. L'objectif est d'être à même de définir les régions cérébrales qui influencent le plus la perception des acouphènes et qui sont à cibler par les approches thérapeutiques.

5 - Conclusion

L'utilisation des techniques d'imagerie fonctionnelle permet d'étudier in vivo le fonctionnement du système auditif central dans des conditions physiologiques et pathologiques. Sachant qu'une amélioration de la prise en charge des sujets souffrant d'acouphènes passe par une meilleure compréhension de ce qui se passe au niveau cérébral, tant au niveau des aires auditives qu'au niveau des réseaux neuronaux impliqués dans les mécanismes attentionnels ou émotionnels, on peut penser que l'évolution des techniques d'imagerie et d'analyses du fonctionnement cérébral ouvre la voie à une amélioration des connaissances avec pour objectif le développement de traitements plus spécifiques.

Bibliographie

1. Llinás, R.R., et al., *Thalamocortical dysrhythmia: A neurological and neuropsychiatric syndrome characterized by magnetoencephalography*. Proc Natl Acad Sci U S A, 1999. 96(26): p. 15222-7.

2. Weisz, N., et al., *Tinnitus perception and distress is related to abnormal spontaneous brain activity as measured by magnetoencephalography*. PLoS Med, 2005. 2(6): p. e153.

3. Ogawa, S., et al., *Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation*. Proc Natl Acad Sci U S A, 1990. 87(24): p. 9868-72.

4. Turner, R., et al., *Echo-planar time course MRI of cat brain oxygenation changes*. Magn Reson Med, 1991. 22(1): p. 159-66.

5. Buckner, R.L., J.R. Andrews-Hanna, and D.L. Schacter, *The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease*. Ann N Y Acad Sci, 2008. 1124: p. 1-38.

6. Damoiseaux, J.S., et al., *Consistent resting-state networks across healthy subjects*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2006. 103(37): p. 13848-53.

7. Fox, M.D., et al., *The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2005. 102(27): p. 9673-8.

8. Maudoux, A., et al., *Auditory resting-state network connectivity in tinnitus: a functional MRI study*. PLoS One, 2012. 7(5): p. e36222.

9. Maudoux, A., et al., *Connectivity graph analysis of the auditory resting state network in tinnitus*. Brain Res, 2012. 1485: p. 10-21.

10. Wang, J., X. Zuo, and Y. He, *Graph-based network analysis of resting-state functional MRI*. Front Syst Neurosci, 2010. 4: p. 16.

RÉSEAU
Audilab

UN RÉSEAU DE +
200 CENTRES



Partageons ensemble
des valeurs de qualité et d'innovation
tout en mutualisant nos expériences

Ensemble, pour une belle écoute



BIG DATA : Quels effets sur l'acquisition et l'accumulation de connaissances.

Gilles DUCHARME et Adrien CAPLOT IMAG, Univ. Montpellier, CNRS, Montpellier, France

Depuis la nuit des temps jusqu'aux années 1990, l'humanité a vécu une ère qu'on appelle rétrospectivement le *small data*, où les données étaient recueillies pour répondre à des questions précises concernant notre univers. Ces questions portaient sur sa compréhension et sur la prévision des événements qui s'y déroulent. Elles étaient produites par des expériences financées. Durant cette période, les données étaient chères, rares et précieuses.

Puis durant les années 90, le phénomène *big data* s'est produit, où les données sont devenues virtuellement gratuites, pléthoriques et s'apparentant largement en termes de contenu à des « calories vides ». Cet état de fait est venu de la numérisation des supports d'enregistrements, de la mise en opération de capteurs de toutes sortes et des progrès des outils de l'informatique.

Il y a plusieurs façons de définir ce phénomène *big data*. Une de ces définitions est celle dite des « 4 V », pour **Volume, Vélocité, Variété et Véracité**.

Volume. Les capteurs numériques produisent à coût presque nul des données pléthoriques, qu'on a jugé utile de conserver et donc, de stocker. Les fabricants ont réussi à produire des supports d'enregistrements de plus en plus petits pouvant contenir de plus en plus d'information, ce qui fait qu'aujourd'hui, on peut considérer que la capacité de stockage des données est pratiquement infinie. Par ailleurs, la quantité des données générées chaque jour ne cesse d'augmenter : il y a environ 6 milliards de téléphones portables et ceux-ci produisent des données presque continûment. De même avec les prothèses auditives et quantité d'objets de la vie courante. On estime qu'aujourd'hui il se crée 2,5 exaoctets (2,5 suivis de 17 zéros) de donnée chaque jour. En 2020, l'humanité aura accumulé environ 40 zettaoctets (40 suivis de 21 zéros) de données depuis le début de son histoire. On pense que la barre des 125 zettaoctets sera atteinte en 2025 et le yottaoctet (1 suivi de 24 zéros) quelque part dans les années 2030. On devrait atteindre le cap du brontoctet (1 suivi de 27 zéros) avant la fin de ce siècle.

Vélocité. La vélocité concerne deux volets, celui de la **vitesse de transfert** de l'information entre deux points et la **vitesse de traitement** de cette information.

Concernant la **vitesse de transfert**, la fibre optique en déploiement permettra de relier, théoriquement à la vitesse de la lumière, n'importe quelle paire de points sur la planète. Concernant le non-filaire, on va bientôt passer de la 4G à la 5G, puis à la 6G, chaque passage multipliant au moins par 10 la vitesse de transfert. Aussi, on aura bientôt le WiFi-6, qui permettra une communication plus rapide, globalement sur toute la planète (via les 42 000 satellites en déploiement par l'entreprise américaine Space X) mais aussi localement entre les appareils de la vie courante (ce qu'on appelle IoT pour Internet of Things).

Concernant la **vitesse de traitement**, la loi de Moore annonçait que la vitesse des processeurs doublerait tous les 18 mois. Ceux-ci se sont approchés des limites physiques et il y a eu, autour de 2015, un décrochage que les fabricants contournent en parallélisant

les processeurs. La prochaine révolution, l'informatique quantique, promet des vitesses inimaginables : Google vient d'annoncer qu'un de ses ordinateurs quantiques a accompli en 3 minutes des calculs qui auraient pris 10 000 ans à un processeur normal. La vitesse de traitement, lorsque la technologie sera mature, sera elle aussi quasiment infinie.

Variété. On sait depuis longtemps numériser les textes; on a appris à numériser les sons, les voix, les images, les vidéos. Puis on est passé au spectre électromagnétique et à quantités de mesures scientifiques et médicales, comme l'ADN et le génome. Récemment on a réussi à numériser les ondes gravitationnelles. La numérisation d'un nombre croissant d'aspects de notre vie mène à la quantification de notre univers, laquelle conduit à sa mise en données.

Véracité. Il a paru utile de tirer parti du *big data*. On a d'abord mis au point des méthodes d'extraction des données et les moteurs de recherche (e.g. Qwant, Yahoo, etc.) en sont probablement l'exemple le plus abouti. Puis on a cherché à utiliser ces données pour créer des outils facilitant la vie. Par exemple, le *big data* contient des millions d'images de caractère manuscrit. Il a paru utile de développer des algorithmes permettant de « lire » ces caractères. Durant l'ère du *small data*, les statisticiens avaient mis au point des algorithmes discriminant entre plusieurs (une dizaine environ) entités. Or la langue française comporte 36 caractères (26 lettres + 10 chiffres). Il a fallu adapter ces algorithmes pour leur permettre de déterminer, à partir de la pixellisation d'une image de caractère, celui qui est représenté. Ces algorithmes ont porté le nom de « machine learning », bien qu'en réalité, c'est l'algorithme, une construction intellectuelle humaine, qui après avoir fait des milliards de calculs sur des millions de caractères manuscrits du *big data*, détecte par exemple que s'il y a un point dans l'image, le caractère est probablement un « i » ou un « j ». Ces algorithmes font maintenant aussi bien de l'humain, mais beaucoup plus rapidement, car ils calculent sans fatigue plus rapidement. Les choses se sont gâtées lorsqu'on a tenté de les appliquer au problème plus complexe de la reconnaissance d'images d'animaux. Il a encore fallu modifier les algorithmes et effectuer des milliards de calculs sur des millions d'images du *big data* pour qu'ils reconnaissent enfin un chat, par exemple. Ces algorithmes, qui ont pris le nom de deep learning, font maintenant aussi bien de l'humain, mais beaucoup plus rapidement, car ils calculent sans fatigue plus rapidement. Quand on a appliqué ces algorithmes à d'autres problèmes, les choses se sont encore gâtées et on a dû mettre au point de nouveaux algorithmes, comme ceux de *re-inforcement learning*.

Le *big data* contient aussi des millions de parties du jeu chinois GO, plusieurs fois millénaire. On a mis au point des algorithmes adaptés à ce jeu et fait effectuer des milliards de calculs sur des millions de parties de GO pour en arriver à un algorithme, AlphaGo, qui joue si bien qu'il peut battre n'importe quel humain.



On a alors crié à l'avènement de l'intelligence artificielle (IA), les médias se sont emparés de cet exploit et maintenant on voit partout des références enthousiastes à l'IA.

Il convient d'être rigoureux. On peut définir en gros deux formes d'intelligence artificielle, l'IA forte et l'IA faible. L'IA forte réfère à un algorithme qui, comme l'humain, est capable de raisonnements déductifs et inductifs, d'intuitions, etc. L'IA forte n'existe pas encore et on peut se demander ce que vaut la définition de quelque chose qui n'existe pas. L'IA faible apparaît quand un algorithme effectue une tâche cognitive humaine, comme reconnaître un caractère manuscrit, un chat, etc. L'IA faible existe, se développe et se déploie partout (assistants vocaux, chatbots, véhicule autonome, etc.). Comme l'algorithme calcule sans fatigue beaucoup plus rapidement que l'humain, lorsqu'ils sont en compétition, comme au GO, l'algorithme a un net avantage. Mais ce n'est pas de l'IA forte et pour le voir, rappelons que le GO se joue sur un damier de 19 x 19. Augmentons ce damier à 21 x 21. L'humain arrivera à retrouver ses marques et à jouer dans ce nouvel univers. Mais, comme il n'existe pas dans le *big data* d'aujourd'hui de partie de GO sur un damier de 21 x 21, l'algorithme sera perdu. À l'heure d'aujourd'hui, on ne voit pas bien comment l'IA faible peut mener à l'IA forte.

Ainsi il y a risque d'abus quand, lorsque le terme IA est utilisé, celui qui le prononce réfère à l'IA faible alors que celui qui l'entend pense à l'IA forte.

Pour revenir au titre de notre présentation, ce qui nous intéresse est l'apport du *big data* à l'acquisition et l'accumulation des connaissances. Dans l'ère du *small data*, on a caractérisé ces activités dans la *pyramide du savoir* (Figure 1), constituée de 4 étages : l'étage **data**, référant aux données venant d'une expérience bien conçue; l'étage **information** référant aux résultats des traitements statistiques appliqués à ces données; l'étage **connaissance**, où cette information est agrégée/consolidée avec celles venant d'autres sources; enfin l'étage **savoir** où on a en main les éléments permettant de prédire des événements et prescrire des actions pour encourager/empêcher leur survenue.

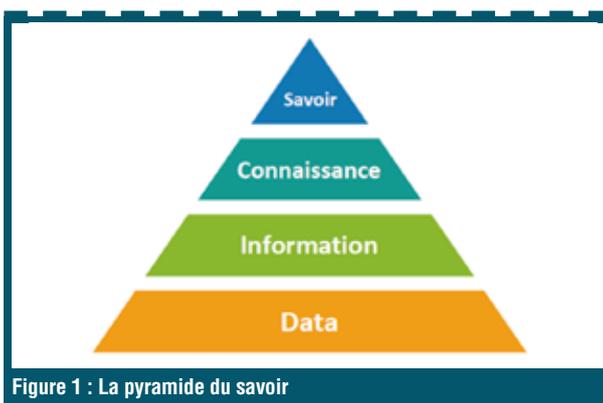


Figure 1 : La pyramide du savoir

À l'ère du *big data*, deux discours coexistent. Le premier, venant de gens du marketing (au sens large), prétend que le *big data* fait exploser la pyramide du savoir : grâce à des algorithmes performants (dont ils sont souvent vendeurs), le *big data* mène directement au **savoir** (Figure 2-a). C'est le règne de l'empirisme, la fin de la théorie, de la méthode scientifique, etc. À notre avis, ce discours s'inscrit parmi les abus générés par la confusion entre l'IA faible et forte. Il ne correspond certainement pas à la situation vécue dans nos laboratoires, où le *big data* est en fait une strate (Figure 2-b) remplaçant l'étage **data** et se glissant sous la pyramide du savoir.

Cette strate est un limon inexploitable en l'état, car elle contient une large quantité de données incomplètes, non pertinentes, biaisées, anormales, atypiques, voire corrompues, à l'encontre de l'étage **data** de la Figure 1 constituée de données ayant subi un sévère contrôle de qualité. Il faut beaucoup de travail pour faire ressortir de ce limon suffisamment de pépites de données exploitables pour constituer un étage pouvant alimenter le processus menant au savoir.



Figure 2-a : Version « marketing » Figure 2-b : Version rencontrée en réalité

À titre d'exemple de cette nouvelle pyramide du savoir dans un contexte d'audiologie, nous allons maintenant présenter une thèse en cours à Montpellier (le thésard est Adrien CAPLOT avec un financement CIFRE - Amplifon). Nous disposons de plus de 300 000 audiogrammes aériens (sur 11 fréquences) couplés à des données sociodémographiques, des enquêtes de satisfaction, etc. Un des objectifs de la thèse est le développement d'une classification de ces audiogrammes en entités comparables pouvant être liés à des pathologies similaires ou des problèmes d'audition de même type. Il existe plusieurs classifications de ce type ; la thèse veut revisiter celle de Demeester et al (2009) qui comporte six entités. Cette dernière a été construite de façon empirique en s'appuyant sur environ 1150 audiogrammes (sur 6 fréquences) en analysant visuellement la forme de ces audiogrammes.

En s'appuyant sur notre *big data*, le travail de thèse a débuté par une analyse poussée des données qu'il contient. Ces audiogrammes sont mesurés par des professionnels, mais comportent néanmoins bon nombre de données manquantes, d'erreurs, de données atypiques, de biais, etc. Une première partie du travail a été de nettoyer ces données, d'imputer les valeurs manquantes, de les débiaiser, pour constituer une base de données de qualité comparable à celle qu'on retrouverait à l'étage **data** d'une pyramide classique. Puis l'application d'algorithmes a produit 10 entités qui ont été présentées à des spécialistes (médecins, audiologistes, etc.) pour validation. La mise en lien avec les données sociodémographiques, pareillement épurées, a mené à l'étage **savoir** où on a pu lier les types d'audiogrammes à des pathologies ou à des activités (chasseurs). La thèse n'est pas encore soutenue et il est prématuré de discourir sur ses conclusions, mais nous espérons que cette brève présentation permettra à des audioprothésistes d'entrevoir la façon dont le *big data* intervient réellement dans l'acquisition et l'accumulation des connaissances.

Références

Demeester K., van Wieringen A., Hendrickx J.J., Topsakal V., Franssen E., van Laer L., Van Camp G., Van de Heyning P. Audiometric shape and presbycusis, *Int. J. Audiol.*, 2009, vol. 48 (pg. 222-232)

Intelligence artificielle et accompagnement thérapeutique du patient : l'exemple des assistants virtuels

Benjamin CHAIX Audioprothésiste DE - Alliance Audition, La Grande Motte

Master Audiologie et Troubles du Langage

Directeur Scientifique - Wefight, Institut du Cerveau et de la Moelle épinière, Hôpital Pitié-Salpêtrière, Paris

Les assistants virtuels, une application concrète de l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) est devenue omniprésente médiatiquement. Elle fait naître beaucoup d'émotions humaines, notamment le mythe que l'IA peut remplacer un humain. Ce mythe est alimenté par la culture, à travers des films de science-fiction, par exemple, comme 2001 l'Odyssée de l'espace ou I-Robot qui mettent en scène des robots assistants les humains dans leurs tâches quotidiennes. Dans le film Her, de Spike Jonze, le personnage principal finit même par tomber amoureux de l'IA intégrée dans son ordinateur, montrant qu'un attachement affectif entre un homme et une machine est également possible. Effectivement, c'est une question que l'on peut se poser. Quelle relation peut-il exister entre un homme et un robot, notamment lorsqu'il s'agit d'un accompagnement thérapeutique ?

Dans la réalité, les robots de soutien à la personne existent déjà. En effet, les projets de robots assistants et compagnons pour aider les personnes dépendantes sont très nombreux à l'heure actuelle. Ces projets servent à développer et à tester les différentes fonctionnalités d'un robot humanoïde destiné à devenir un véritable assistant des personnes en perte d'autonomie. La société SoftBank Robotics a, par exemple, développé le robot NAO et l'a doté d'un logiciel intégré « Soins, revalidation et animations pour les personnes âgées » (image 1).



Image 1

Actuellement, plus de 400 établissements l'utilisent que ce soit pour explorer ses capacités d'interaction (comme avec des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer ou des enfants autistes) que comme plateforme pédagogique. Ces robots sont développés à partir de techniques dites d'intelligence artificielle. Or, il ne faut pas confondre l'IA forte (capacité d'un robot à penser, à raisonner

comme un humain), qui n'existe pas de nos jours avec les capacités actuelles, de l'IA faible qui est simplement le résultat d'une suite d'opérations logiques, basées sur le machine learning (apprentissage statistique) essentiellement. Pour l'instant, l'intelligence artificielle n'est donc capable que de reconnaissance sur des procédures qu'on lui a apprises à l'avance.

Un exemple concret : le chatbot – contraction anglophone de “chat” et “robot” – est un logiciel qui utilise l'apprentissage statistique et a pour objectif de simuler une conversation par message textuel ou vocal. Le concept des chatbots remonte à 1950, lorsque Alan Turing envisageait un avenir où un programme informatique serait capable de s'exprimer avec un niveau de sophistication qui le rendrait impossible à distinguer des humains ¹.

Dans le domaine de la santé, le premier exemple d'un tel programme était ELIZA (image 2), de Joseph Weizenbaum, qui imitait une séance de psychothérapie en étant capable de reformuler les phrases du patient en questions et de fournir des réponses préenregistrées ². L'effet était assez bluffant pour l'époque (1966). Il y a d'ailleurs beaucoup d'anecdotes à propos de gens qui devenaient de plus en plus dépendants émotionnellement de leur relation avec ELIZA.

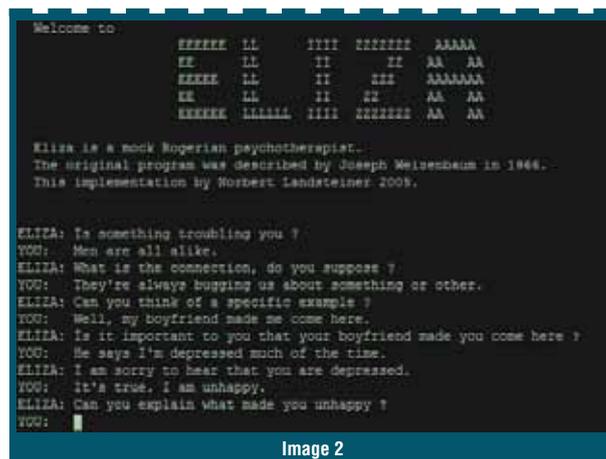


Image 2

De plus en plus présents dans notre quotidien sous forme d'assistants vocaux, comme Google Assistant, Siri (Apple) et Alexa (Amazon), ou textuels, les chatbots sont aussi utilisés dans le cadre du support client sur le web (opérateurs téléphoniques, boutiques en ligne, etc.). L'intérêt est alors double : prendre en charge rapidement des questions basiques et, par conséquent, soulager les opérateurs d'une partie de leur travail. Ceux-ci peuvent ainsi se consacrer à des questions ou demandes plus complexes.

Ce concept est applicable à la médecine comme le suggère Bibault et al. (3). Ces assistants virtuels peuvent créer un échange



bidirectionnel d'informations auprès des patients, ce qui pourrait servir de levier pour le suivi, le dépistage, l'observance du traitement ou la collecte de données pour des études cliniques. Les chatbots médicaux se développent ainsi de plus en plus et couvrent désormais diverses spécialités comme la psychologie, ou l'oncologie ⁴.

Le NLP, une discipline à cheval entre la linguistique et l'informatique

Les assistants virtuels sont basés sur des techniques de traitement automatique du langage (NLP en anglais pour Natural Language Processing). Plusieurs applications existent, de la traduction de texte à l'extraction d'informations dans un document en passant par les agents conversationnels.

Le NLP est en fait une discipline qui entretient des liens étroits avec les sciences cognitives. Le langage naturel est en effet différent d'un langage informatique.

Chez l'homme, le traitement de l'information passe par plusieurs étapes psycholinguistiques avant de soumettre une réponse (image 3, adapté d'après Véronis 2001 et Tellier 2010).

Pour la machine, deux grandes étapes vont être nécessaires. La première est la détection des intentions (intent en anglais) de la phrase soumise. Par exemple, lorsque je demande "est-ce que je peux manger une pomme?", l'intention est la volonté de "manger". Pour que l'intent soit reconnu, une cascade d'étapes est mise en place (nettoyage des données, apprentissage de modèles), permettant à la machine de traiter des données textuelles sous forme de chiffres et de vecteurs. La seconde étape est la reconnaissance d'entités nommées. Il s'agit de détecter certains mots clés dans la phrase et de leur attribuer un label afin de bien cerner l'objet de la demande et d'activer les modules associés. Pour reprendre notre exemple, le mot "pomme" est labellisable en tant que fruit. Pour cette phrase, l'intention détectée est donc "manger" et "pomme" est associée à la catégorie "fruit" par la reconnaissance d'entités. Ces deux informations combinées vont permettre à la machine de restituer le sens global de la phrase.

Les assistants virtuels comme véritables compagnons pour le soutien des malades

Vik est un robot virtuel, utilisant le NLP, conçu par la société Wefight dans le but d'améliorer la qualité de vie des patients atteints d'un cancer ou d'une maladie chronique. Vik est disponible gratuitement

sur Messenger ⁵. L'interface est simple, le patient pose une question à l'écrit dans une fenêtre de conversation et le robot répond à partir d'une base de connaissance validée scientifiquement après avoir analysé la question. Les questions peuvent porter sur des notions de nutrition, de sport, de gestion d'effets secondaires, d'informations sur les traitements en cours etc. Des fonctions de rappels de traitements ou de rendez-vous sont également incluses (image 4).



Image 4

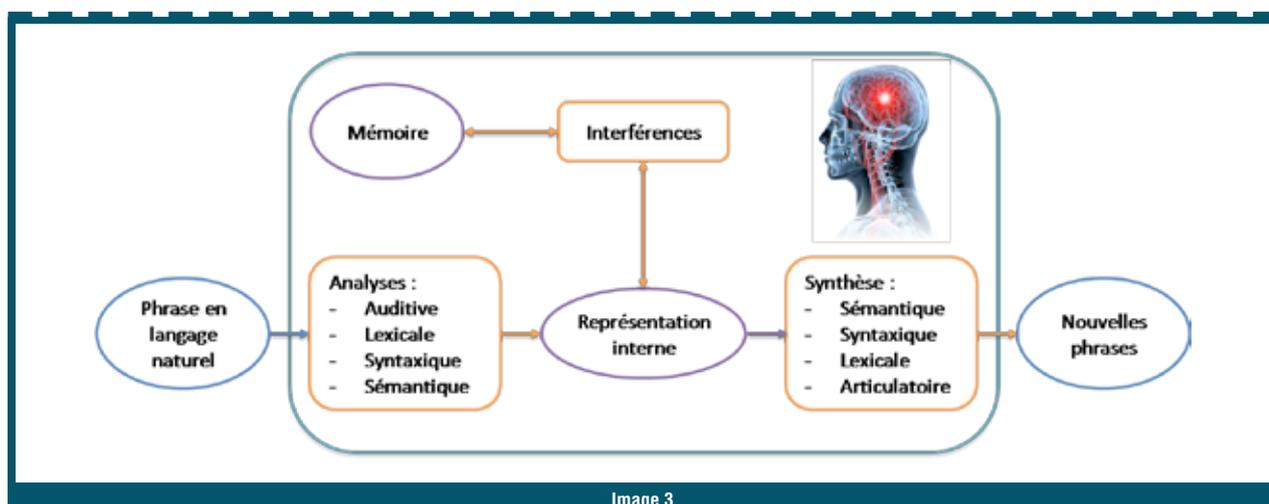


Image 3

Initialement spécialisé sur le cancer du sein (Vik Sein), Vik est également capable de répondre aux questions sur l'asthme (Vik Asthme), la migraine (Vik Migraine) ou la dépression (Vik Dépression). Ces bots "frères" sont issus du Vik général mais conçu pour répondre spécifiquement aux thématiques pour lesquelles ils sont spécialisés.

Chaix et al. ⁶ ont observé le type d'interactions qui se mettait en place lorsqu'un patient discute avec le chatbot Vik Sein. Le taux de satisfaction globale était de 94%. Les patients déclaraient qu'ils faisaient confiance à Vik Sein, 88% se disaient satisfaits du support qu'il leur apportait et qu'il les aidait à suivre correctement leur traitement et à rompre l'isolement qu'ils pouvaient ressentir au cours de leur maladie. Lucas et al. montrent en effet que les patients peuvent se sentir plus à l'aise pour divulguer des informations personnelles à un chatbot plutôt qu'à une personne humaine en raison de l'absence de jugement ⁷.

Des résultats intéressants sont en cours d'analyse sur le soutien moral notamment. Dans une étude pilote, actuellement réalisée auprès de patients atteints d'un cancer du sein, Chaix et al. montrent une amélioration de l'humeur quotidienne et la réduction des symptômes de troubles dépressifs après accompagnement quotidien par l'assistant virtuel Vik Sein. La méthodologie employée est simple, une fonction permettant de mesurer l'humeur des patients par rapport à leur maladie avant et après utilisation du robot a été mise en place. Les patients du groupe test étaient invités à utiliser le chatbot pendant 1 mois alors que les patients du groupe contrôle étaient renvoyés vers un site d'information de l'INSERM. Le Patient Health Questionnaire (PHQ-9) ⁸ a été utilisé, c'est un questionnaire d'autoévaluation en neuf points qui évalue la fréquence et la gravité des symptômes de dépression au cours des deux semaines précédentes. C'est l'une des mesures les plus utilisées, les plus fiables et les plus validées des symptômes dépressifs. Après accompagnement du chatbot pendant un mois, le score moyen obtenu au PHQ-9 est en diminution significative quand celui du groupe contrôle est stable.

Bien que les résultats doivent être considérés avec une certaine prudence et qu'ils doivent être reproduits à plus grande échelle (60 sujets par groupe pour le moment), cette étude apporte des éléments prometteurs sur la possibilité qu'un assistant virtuel conçu pour soutenir les patients a le potentiel d'offrir une méthode attrayante de suivi et pourrait être complémentaire aux méthodes traditionnelles de thérapie.

Les patients savaient qu'ils discutaient avec une machine, mais ils ont apprécié ces échanges, l'interface conversationnelle et son utilisation intuitive. Pouvoir poser une question et accéder instantanément à une réponse claire et validée scientifiquement est un plus rapporté par de nombreux patients. En effet, il est important pour les patients et leur sécurité que les assistants virtuels en santé soient évalués comme des dispositifs médicaux dans la mesure où ils apportent des réponses sur des problématiques de santé diverses. Les assistants virtuels viennent en compléments de l'information donnée par le médecin, ils ne le remplacent pas. En 2019, dans une étude randomisée en aveugle, nous avons montré que les réponses données par le chatbot Vik étaient aussi satisfaisantes pour les patientes que celles apportées par un collège de médecins spécialistes ⁹.

Nous pensons en effet que les assistants virtuels ont un rôle à jouer dans la relation patients/médecins et qu'à ce titre ils doivent donc être évalués et développés avec le même niveau de rigueur que pour le développement de nouvelles molécules thérapeutiques.

Nos travaux montrent enfin qu'un véritable attachement émotionnel se construit à l'issue des discussions avec un robot conversationnel comme Vik. Certains patients se confient sur d'autres sujets que ceux initialement prévus alors que d'autres souhaitent régulièrement un «bonjour», «bonne nuit» ou «merci». Le film Her n'est finalement pas si éloigné de la réalité.

Les agents conversationnels orientés santé comme Vik permettent aux patients qui ont une maladie chronique d'avoir un moyen de trouver du soutien et des réponses à leurs besoins. Ce type d'assistant virtuel s'adapte parfaitement à la prise en charge audiolinguistique que ce soit pour le suivi dans le cadre des essais d'aides auditives ou le soutien aux patients acouphéniques. Il permet ainsi de rompre l'isolement que peuvent ressentir les patients une fois seuls chez eux en dehors des séances chez l'audioprothésiste par exemple. Ce type d'outils s'intègre ainsi parfaitement dans la tendance de la télé-audiologie pour répondre ponctuellement et de façon automatisée aux besoins des patients.

Références

1. Turing AM. **Computing machinery and intelligence.** *Mind.* 1950;49:433-460.
2. Weizenbaum J. **ELIZA - a computer program for the study of natural language communication between man and machine.** *Commun ACM.* 1966;9(1):36-45.
3. Bibault JE, Chaix B, Nectoux P, Pienkowski A, Guillemassé A, Brouard B. **Healthcare ex Machina: Are conversational agents ready for prime time in oncology?** *Clin Transl Radiat Oncol.* 2019 Apr 4;16:55-59. doi: 10.1016/j.ctro.2019.04.002. eCollection 2019 May.
4. Laranjo, L., Dunn, A.G., Tong, H.L., Kocaballi, A.B., Chen, J., Bashir, R., Surian, D., Gallego, B., Magrabi, F., Lau, A.Y. and Coiera, E., 2018. **Conversational agents in healthcare: a systematic review.** *Journal of the American Medical Informatics Association*, 25(9), pp.1248-1258.
5. **Wefight.** Montpellier, France; 2018. **VikBreast conversational agent** URL: <https://www.messenger.com/t/VikBreast>
6. Chaix B, Bibault JE, Pienkowski A, Delamon G, Guillemassé A, Nectoux P, Brouard B. **When Chatbots Meet Patients: One-Year Prospective Study of Conversations Between Patients With Breast Cancer and a Chatbot.** *JMIR Cancer* 2019;5(1):e12856.
7. Lucas G, Gratch J, King A, Morency L. **It's only a computer: virtual humans increase willingness to disclose.** *Comp Hum Behav* 2014 Aug;37:94-100. [doi: 10.1016/j.chb.2014.04.043].
8. Kroenke K, Spitzer RL, Williams JB. **The PHQ-9: validity of a brief depression severity measure.** *J Gen Intern Med* 2001 Sep;16(9):606-613. [Medline: 11556941].
9. Bibault JE, Chaix B, Guillemassé A, Cousin S, Escande A, Perrin M, Pienkowski A, Delamon G, Nectoux P, Brouard B. **A Chatbot Versus Physicians to Provide Information for Patients With Breast Cancer: Blind, Randomized Controlled Noninferiority Trial.** *J Med Internet Res* 2019;21(11):e15787.



Protection des données individuelles dans un cabinet d'audioprothèse

Charlotte BALET Audioprothésiste DE - Membre Actif du Collège National d'Audioprothèse

Cet article vise à vous sensibiliser sur l'importance de la protection des données dans nos cabinets d'audioprothèse, en particulier dans le cadre du RGPD.

A. Rapide retour en arrière sur l'histoire de la protection des données

En 1978, à la suite des débats publics liés à la mise au jour du projet SAFARI, a été créée la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) : l'objectif de cette commission indépendante est, et est encore, de préserver la vie privée et les droits individuels des personnes.

En 1995, aux débuts d'Internet, une directive visant une uniformisation à l'échelle européenne est adoptée. Cette directive ne sera modernisée qu'en 2016 avec le Règlement Général sur la Protection des Données à caractère personnel (RGPD) faisant suite notamment au scandale révélé par Edward Snowden.

L'entrée en application du RGPD le 25 mai 2018 crée un cadre protecteur pour les données à caractère personnel des personnes physiques situées sur le territoire de l'UE. Le RGPD vise à garantir un niveau de sécurité adéquat aux informations traitées et donne la possibilité aux personnes physiques de mieux comprendre et de mieux contrôler l'usage qui est fait de leurs données à caractère personnel.

B. Lexique du RGPD

- **Donnée à Caractère Personnel (DCP)** : désigne toute information se rapportant à une personne physique identifiée ou identifiable, directement ou indirectement, notamment par référence à un identifiant, tel qu'un nom, un numéro d'identification, des données de localisation, un identifiant en ligne, ou à un ou plusieurs éléments spécifiques propres à son identité physique, physiologique, génétique, psychique, économique, culturelle ou sociale.

⇒ ex : nom /prénom /adresse/ date de naissance/ numéro de téléphone/ numéro de sécurité sociale/couverture sociale (RO, RC) /numéro d'adhérent mutuelle.

- **Donnée personnelle de santé (dite « donnée sensible »)** : C'est une donnée se rapportant à l'état de santé d'une personne concernée qui révèle des informations sur l'état de santé physique ou mentale passé, présent ou futur de la personne concernée quelle que soit la source de production de la donnée (un professionnel de santé ou un dispositif médical par exemple).

⇒ ordonnance et audiogramme, anamnèse

- **Traitement de données à caractère personnel** : désigne toute opération ou tout ensemble d'opérations portant sur des DCP, quel que soit le procédé ou support utilisé, et notamment la collecte, l'enregistrement, la structuration, la conservation, la consultation, la modification, l'utilisation, la transmission.

C. Qui est concerné ?

Le RGPD s'applique à chaque fois qu'

- Une organisation traite des Données à Caractère Personnel
- ET qu'un résident de l'U.E. est directement visé par le traitement de ces données

⇒ **La prise en charge d'un patient en audioprothèse** nécessite le recueil de données à caractère personnel, y compris des données de santé. Ainsi, l'audioprothésiste, au même titre que les médecins et autres professionnels de santé, est directement concerné par la mise en œuvre de sa conformité au regard du RGPD et ce, quel que soit son mode d'exercice ou la taille de l'entreprise.

Pour information, les Sanctions peuvent aller d'un simple rappel à l'ordre jusqu'à une amende de 4% du Chiffre d'Affaire annuel (en passant par une injonction sous astreinte ou l'arrêt d'un traitement de données).

D. Les 8 règles d'or du RGPD

Le RGPD précise les conditions d'utilisation des données à caractère personnel. Ces conditions sont appelées règles d'or et sont au nombre de 8.

1. **La licéité** du traitement est son fondement juridique. Un traitement de DCP est licite s'il est notamment nécessaire à l'exécution d'un contrat, ou au respect d'une obligation légale ... ou si la personne concernée a consenti au traitement de ces données.
2. **La finalité du traitement de DCP** est un principe clé du RGPD. Le traitement doit être déterminée, explicite et légitime.
3. **Minimisation des données** : seules les données (exactes et à jour) strictement nécessaires pour atteindre la finalité du traitement peuvent être collectées et traitées.
4. **Protection particulière des données sensibles** (art. 9-1 et 9-2) : elles ne peuvent être collectées et traitées que dans certaines conditions parmi elles la nécessité à des fins médicales (paramédicales ?) et le consentement explicite.
5. L'application du RGPD implique **une durée limitée de Conservation des données**. Elle peut être définie par une durée fixe de conservation ou, par un critère objectif pour déterminer cette durée. Les DCP doivent être archivées, supprimées ou anonymisées dès que la finalité pour laquelle elles ont été collectées est atteinte.
6. Les mesures de **sécurisation des données** mises en œuvre répondent à 3 principes :

La Confidentialité à savoir que les données ne doivent être accessibles qu'aux personnes autorisées

L'Intégrité, c'est-à-dire que les données ne doivent pas être altérables ou modifiables par erreur

Et la disponibilité, c'est-à-dire que les données doivent en permanence être accessibles aux personnes autorisées

- 7. **Transparence** : ce principe de loyauté implique un droit à l'information. Les informations doivent être communiquées de manière concise, transparente, compréhensible et aisément accessible ; elles doivent préciser les DCP collectées, la justification de la collecte et les conditions de traitement.
- 8. Le RGPD précise et renforce le **Droits des personnes** (Droits d'accès, de rectification, d'effacement, d'opposition + droits à la portabilité et à la limitation du traitement) afin que chaque individu garde une maîtrise de ses données.

E. L'exemple d'une fiche patient en audioprothèse : quel cadre appliquer ?

- Les dossiers patients (fiche papier ou numérique) doivent répondre à des finalités déterminées, explicites et légitimes (règle d'or n°2). Ainsi, les informations que nous collectons dans les dossiers « patients » répondent essentiellement aux besoins de la prise en charge de nos patients (exemples : Gestion des rendez-vous ; établissement d'un devis ; établissement et télétransmission de feuilles de soins ; envoi de compte-rendu médecins).
- Les DCP collectées doivent être adéquates, pertinentes et limitées (règle n°3). Ainsi les données d'identification du patient sont nécessaires pour l'établissement du devis normalisé. Les données sur la vie professionnelle peuvent être collectées seulement si elles sont nécessaires à la prise en charge (prenons l'exemple d'un exercice professionnel en milieu bruyant qui nécessitera des réglages spécifiques à cette situation). Les données sur les habitudes de vie peuvent être collectées si elles sont à la fois utiles à la prise en charge et que cette collecte a reçu un consentement. Il est en revanche interdit de collecter des informations sur la vie privée du patient (religion, orientation sexuelle, appartenance politique, etc.)

- La durée de conservation des données doit être précisément définie (règle n° 5). L'Unsaf préconise ainsi « pendant le temps nécessaire à votre suivi soit pendant 5 ans puis archives pendant 15 ans ».
- Il est indispensable d'informer les patients (règles 7 et 8) via par exemple une affiche en salle d'attente accessible à tous, qui contient une information concise et qui rappelle les droits fondamentaux des patients en termes de protection des données.
- Nous nous devons d'être particulièrement vigilants quant à la sécurisation des données à caractère personnel (règles 4 et 6).

F. RGPD et Big Data

Pour développer ces notions par rapport aux thèmes abordés dans cet EPU, il est nécessaire de souligner que le RGPD s'applique quel que soit la volumétrie de la donnée. Il s'applique donc de la fiche patient individuelle au « big data ». RGPD et Big Data semblent, de prime abord, inconciliables : en effet, le RGPD introduit les notions de minimisation, de finalité et de durée limitée de conservation tandis que la pratique du Big Data amène à amasser toujours plus de données sans déterminer à l'avance l'utilisation qui en sera faite. Une des possibilités offertes aux data scientists est de recourir à **l'anonymisation**. Dans le cadre d'une véritable anonymisation, nous sortons du cadre du RGPD puisqu'il n'y a plus de personne identifiée ou identifiable. Attention, un faible niveau d'anonymisation ne suffit pas pour écarter l'application du RGPD. La réidentification ne doit pas être possible.

La **pseudonymisation** reste quant à elle dans le cadre du RGPD : La pseudonymisation, qui consiste à remplacer un nom par un pseudonyme, est un traitement de données à caractère personnel de manière qu'on ne puisse pas attribuer les données à une personne physique sans avoir recours à des informations supplémentaires.

- A cela s'ajoute la nécessaire **Sécurisation des Données**

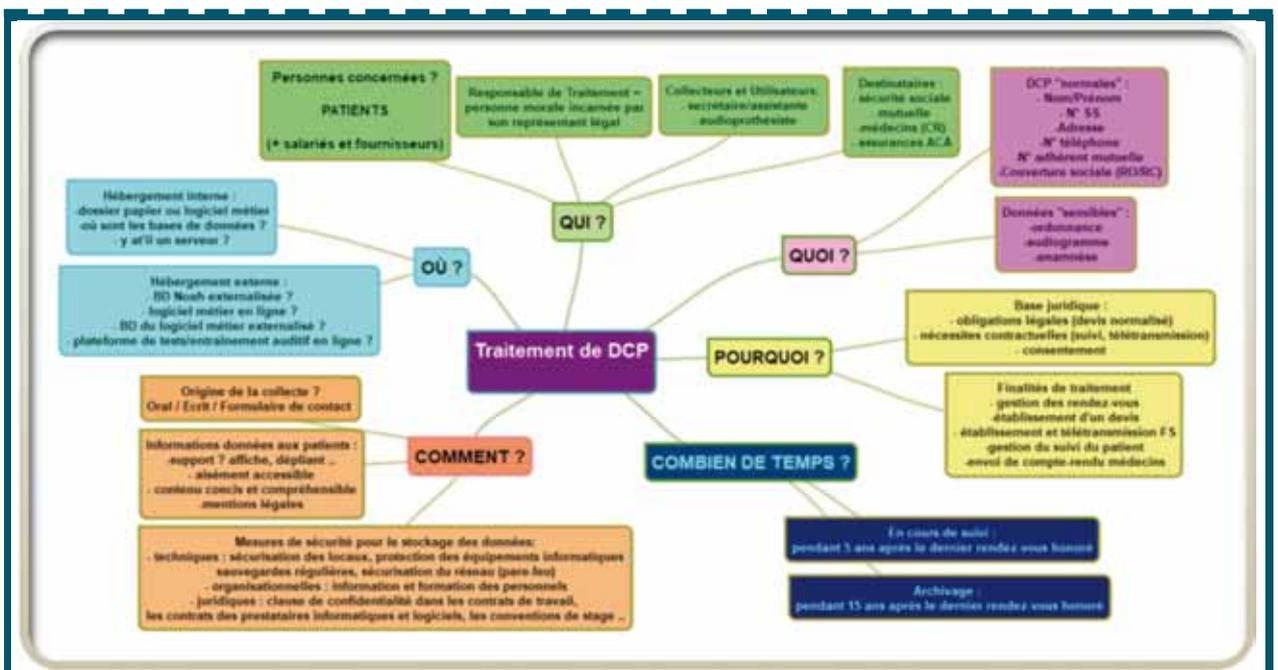


Figure 1 : ébauche d'une cartographie de DCP dans un cabinet d'audioprothèse



Check-list des bonnes pratiques à respecter :

- Je limite les informations collectées au nécessaire et j'utilise les dossiers patients conformément aux finalités définies (suivi des patients) ;
- Je tiens un registre à jour de mes « traitements » (voir annexe n° 2 « Registre des activités de traitement ») ;
- Je supprime les dossiers patients et de manière générale toute information ayant dépassé la durée de conservation préconisée ;
- Je mets en place les mesures appropriées de sécurité de mes dossiers « patients » ;
- J'informe mes patients et m'assure du respect de leurs droits (voir l'annexe n° 1 « Exemple de notice d'information »).

Figure 2 : check-list des bonnes pratiques à appliquer aux dossiers patients, extrait du guide diffusé par la CNOM en juin 2018, <https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/guide-cnom-cnil.pdf>

G. Sécurisation des données dans un cabinet d'audioprothèse

Quel que soit la volumétrie des données, le principe de sécurisation revient à prendre toutes les précautions utiles pour empêcher que des tiers non autorisés aient accès aux DCP, tout en assurant l'Intégrité et la Disponibilité des Données pour les personnes autorisées (audioprothésistes, secrétaires, assistantes, prestataires de service informatique, etc.).

Il y a 3 catégories de mesures à prendre :

- **Des mesures organisationnelles** comme la sensibilisation des utilisateurs par la diffusion d'une charte rappelant les 'bonnes conditions d'utilisation des DCP et des équipements informatiques'. Si vous confiez le stockage des dossiers « patients » à un prestataire dans des serveurs à distance, assurez-vous que celui-ci soit hébergeur agréé ou certifié pour l'hébergement, le stockage, la conservation de données de santé (conformément aux dispositions de l'article L. 1111-8 du code de la santé publique).
- **Des mesures physiques** de sécurisation de l'accès aux locaux, et aux données (armoires à dossiers fermées à clé par exemple). Il s'agit également de mesures préventives pour éviter la perte de données dans le cas de sinistres (incendies, dégâts des eaux, etc.).
- **Des mesures logicielles** de protection du réseau informatique interne et des serveurs des attaques externes ; anticiper le risque de perte de DCP (sauvegardes régulières), adopter une politique rigoureuse de mot de passe, sécuriser les postes de travail (verrouillage automatique après 30 minutes d'inactivité).

H. Quelles sont les premières actions à mettre en œuvre dans nos laboratoires d'audioprothèse ?

Dans les premières actions à mener pour viser une conformité au RGPD, il y a :

- La **Sensibilisation** des Acteurs et des Equipes à la protection des Données à Caractère Personnel. On peut s'appuyer pour cela sur des supports qui existent déjà et sont disponibles sur les sites de la CNIL ou de l'ANSI.

- La **Sécurisation** des Données à Caractère Personnel, physiques comme informatiques.

- L'**Information** de nos patients au travers de supports affichés en salle d'attente et aisément compréhensibles par eux.

Pour finir, à l'exemple de l'Ordre des Médecins, et, dans un contexte d'innovations technologiques qui ont été au cœur de ces 2 jours d'enseignement post-universitaire, serait-il peut-être souhaitable que la profession travaille sur une documentation spécifique qui serve de référence ?

Références

Texte de référence : <https://www.cnil.fr/fr/reglement-europeen-protection-donnees>

Se former : <https://atelier-rgpd.cnil.fr/>

S'informer : https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/bpi-cnil-rgpd_guide-tpe-pme.pdf

Pour initier la démarche : <https://www.cnil.fr/fr/rgpd-par-ou-commencer>

Modèle de registre de traitement : <https://www.cnil.fr/fr/RGPD-le-registre-des-activites-de-traitement>

Sécurité informatique et bonnes pratiques : https://www.ssi.gouv.fr/uploads/2017/01/guide_hygiene_informatique_anssi.pdf



Développement d'un entraînement à l'audiométrie par la réalité virtuelle

Robier M^{1,2}, Bakhos D^{2,3,4}, Aussedat C^{2,3}, Austin JM^{1,2}

1- Audilab

2- Service ORL et CCF, Unité d'implants cochléaires, CHU Tours. 37000 Tours, France

3- Université de Tours, Boulevard Tonnellé, 37000 Tours, France

4- INSERM U1253, iBrain, Tours, France

Contexte

« Jamais la première fois sur un patient ».

Tel est l'adage qui prévaut désormais dans la formation médicale pour assurer la sécurité du patient et renforcer le savoir-faire des professionnels de santé en formation. Le compagnonnage reste le socle de la formation médicale, il se doit d'être accompagné de méthodes de simulation afin d'éviter de réaliser le premier geste sur un patient. Cet état de fait est appuyé par une recommandation de la Haute Autorité de Santé (HAS) ¹, qui entend « promouvoir le développement de la simulation en santé » afin de « renforcer la sécurité du patient et la gestion des risques ». Dans ce contexte, de nombreux simulateurs ont été développés ces dernières années, avec pour finalité d'améliorer la formation médicale en répondant à différents objectifs dont l'un d'entre eux est de « former à des procédures, à des gestes ou à la prise en charge de situations » ¹. Enfin, la HAS insiste sur l'impérative nécessité de valider les simulateurs, afin qu'ils puissent être utilisés dans le cursus de la formation médicale. En oto-rhino-laryngologie comme dans d'autres spécialités, de nombreux simulateurs existent pour former à la gestuelle chirurgicale ²⁻¹³. Cela est aisément compréhensible étant donné le risque associé à la pratique chirurgicale, qu'il faut impérativement minimiser. L'audiométrie n'est pas un acte chirurgical. Elle n'en est pas moins exempte de certains risques pour le patient. Ceux-ci existent pendant la procédure (mobilisation intempestive du tympan, traumatisme sonore). Un examen audiométrique inexact peut entraîner des conséquences graves avec un diagnostic erroné et une prise en charge inexacte ¹⁴. De plus, l'audiométrie est un examen difficile, qui met en jeu de nombreuses connaissances (physiologiques, mathématiques) et compétences (gestuelles, relationnelles). Néanmoins, très peu de simulateurs existent pour développer les compétences des étudiants à l'audiométrie. Quelques logiciels de simulation à l'audiométrie en deux dimensions peuvent être retrouvés sur internet de manière libre ou payante (CounselEAR ¹⁵, AudSim Flex ¹⁶ par exemple). Ils permettent de s'entraîner au principe de recherche des seuils audiométriques, parfois à l'analyse de l'otoscopie ou la tympanométrie. Ils ont l'avantage d'être facilement disponibles sans nécessiter d'autre matériel qu'un ordinateur. Néanmoins, ces derniers ne sont pas immersifs, et ne permettent pas de simuler la totalité d'une consultation d'audiométrie. L'interrogatoire du patient, la gestion des différents instruments, l'analyse de l'imagerie et des données audiométriques pour obtenir un diagnostic complet, la prise en charge sont autant d'aspects qui ne sont pas représentés dans les simulateurs existants. Ce manque de réflexion ne favorise pas le raisonnement clinique.

Dans ce contexte, nous avons développé un simulateur innovant utilisant la technologie de la réalité virtuelle, afin d'apporter un outil supplémentaire à l'arsenal de formation des apprenants en oto-rhino-laryngologie et des étudiants en Audioprothèse. Ce développement a nécessité un partenariat privé/public pour le financement et la réalisation de ce nouvel outil pédagogique. Un tel partenariat implique une visibilité de cette collaboration.

La réalité virtuelle désigne « un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D (...). Elle permet d'appréhender des situations complexes, ou d'étudier des concepts illustrés de manière plus concrète par des modèles informatiques. Ces applications sont interactives et permettent par exemple de comprendre comment un équipement peut être utilisé, de s'entraîner à prendre des décisions cliniques pour un patient virtuel en fonction de l'ajustement de différentes variables, mais uniquement par l'intermédiaire de l'écran de l'ordinateur. » ¹⁷. Le simulateur que nous avons développé répond ainsi à la définition de la réalité virtuelle, épousant ses avantages et inconvénients.

La réalité virtuelle est immersive et ludique, ce qui présente un intérêt pour les apprenants qui en bénéficient. Une formation efficace implique la répétition des simulations, ce qui rend l'attractivité des simulateurs primordiale pour les apprenants. Le degré d'interactivité que permet ce type de modèle est également un de ses principaux avantages : l'apprenant peut interagir directement avec un patient virtuel dans un environnement réaliste. En effet, la réalité virtuelle permet d'obtenir un rendu visuel d'excellente qualité, afin de rendre l'expérience la plus fidèle possible à la réalité. Elle nécessite un matériel peu encombrant, qui peut être facilement transporté, et dont le coût est limité (environ 3000 euros). Il existe également des inconvénients, dont l'un des principaux est lié à sa qualité première : l'immersion complète dans laquelle se situe l'apprenant peut conduire à des symptômes de type nausées, vertiges, et rend l'expérience limitée à 30 minutes environ. Il a fallu prendre en compte cette contrainte dans la conception des cas cliniques du simulateur.

Développement d'un simulateur d'audiométrie

Afin de développer un système de simulation pour l'entraînement à l'audiométrie en réalité virtuelle, nous avons réuni un comité scientifique. Ce comité était composé d'un PU-PH d'otologie, d'un étudiant en ORL et de 2 audioprothésistes. Nous nous sommes rapprochés d'une compagnie développant des logiciels de réalité virtuelle. Une première rencontre a permis de poser les objectifs et d'expliquer aux ingénieurs les règles physiologiques et mathématiques de l'audiométrie. Des vidéos d'audiométrie tonale et vocale ont aussi été adressées afin d'être plus explicites.



Après discussion entre les membres du comité scientifique, il a été décidé de proposer 7 cas cliniques différents afin de passer en revue l'ensemble des situations qui peuvent être rencontrées chez un patient adulte. Les cas cliniques proposés permettaient de tester les connaissances et compétences des étudiants sur le déroulement d'une consultation, l'orientation du type de surdité par l'acoumétrie, l'audiométrie tonale et vocale avec la détermination des seuils et l'assourdissement. Suite à la réalisation de l'examen clinique et de l'audiométrie, l'apprenant devait répondre à plusieurs questions de connaissance sur l'audiométrie afin de porter un diagnostic audiométrique, clinique puis une prise en charge. L'apprenant avait la possibilité de se déplacer lors du cas clinique allant du bureau où il avait réalisé l'anamnèse, au fauteuil de consultation puis devant un écran qui résumait les données de l'examen clinique. Afin d'effectuer ce cas clinique, il devait mettre un casque de réalité virtuelle (mettre ref oculus) et s'aider de 2 manettes pour la préhension des objets et les stimulations auditives (Figure 1). Cela permettait un environnement immersif et réaliste. Le matériel était composé d'un ordinateur portable (MSI 7RFX Leopard Pro, carte graphique GTX 1060), d'un casque, de manettes et de capteurs (Oculus Rift).

Afin de guider l'apprenant et d'avoir une valeur pédagogique à ce module de réalité virtuelle, 2 modes étaient proposés. Le premier mode, dit « débutant », comportant en cas d'erreur de l'étudiant un feed-back, permettant de signifier à l'apprenant son erreur et de lui donner des explications. Le second mode dit « confirmé », se voulait un mode d'entraînement. A la fin de chaque session et dans les 2 modes, un score était attribué en fonction des erreurs commises lors du déroulement et lors des tests de connaissances. Un récapitulatif des erreurs effectuées était aussi disponible pour l'apprenant afin qu'ils puissent les revoir et approfondir ses points faibles.

Chaque session ne devait pas durer plus de 20-25 minutes afin d'éviter les effets indésirables de la réalité virtuelle évoqués précédemment. Pour respecter ce timing, l'apprenant devait déterminer les seuils en audiométrie tonale sur les fréquences 1000, 2000 et 4000 Hz puis lorsqu'il passait sur les fréquences graves les seuils s'affichaient automatiquement. De la même manière, l'audiométrie vocale était déterminée avec une liste de mot à une intensité choisie par l'apprenant puis le score s'affichait automatiquement en fonction de l'intensité testée. Pour la détermination des seuils en audiométrie tonale et vocale. Si un masquage est nécessaire, l'apprenant devra l'activer et choisir le bon niveau, afin que le masquage soit efficace et non retentissant, pour obtenir le seuil effectif du patient. En cas de sur masquage par exemple, la courbe obtenue sera plus basse que le seuil réel.

Les premiers retours des ingénieurs nous ont permis de mettre en évidence des incompréhensions tant au niveau du comité scientifique pour les possibilités de la réalité virtuelle comme l'impédancemétrie que des ingénieurs de réalité virtuelle sur la compréhension de l'audiométrie. Cela a nécessité de nouvelles rencontres pour des ajustements.

Le processus de création de ce simulateur en réalité virtuelle a demandé 18 mois. C'est le temps qui a été nécessaire entre le premier contact avec l'équipe de développeurs et la livraison d'un simulateur apte à être implémenté, selon nous, dans une formation théorique et pratique d'audiologie. Ce processus n'est pas terminé, puisque le simulateur a été conçu en ouvert. Cela signifie que des modifications ultérieures restent possibles, permettant ainsi de prendre en compte les remarques des utilisateurs, mais aussi d'implémenter de nouveaux cas cliniques. Le simulateur que nous avons développé utilise un dispositif Oculus Rift® composé d'un casque, de deux capteurs de position, et de deux manettes

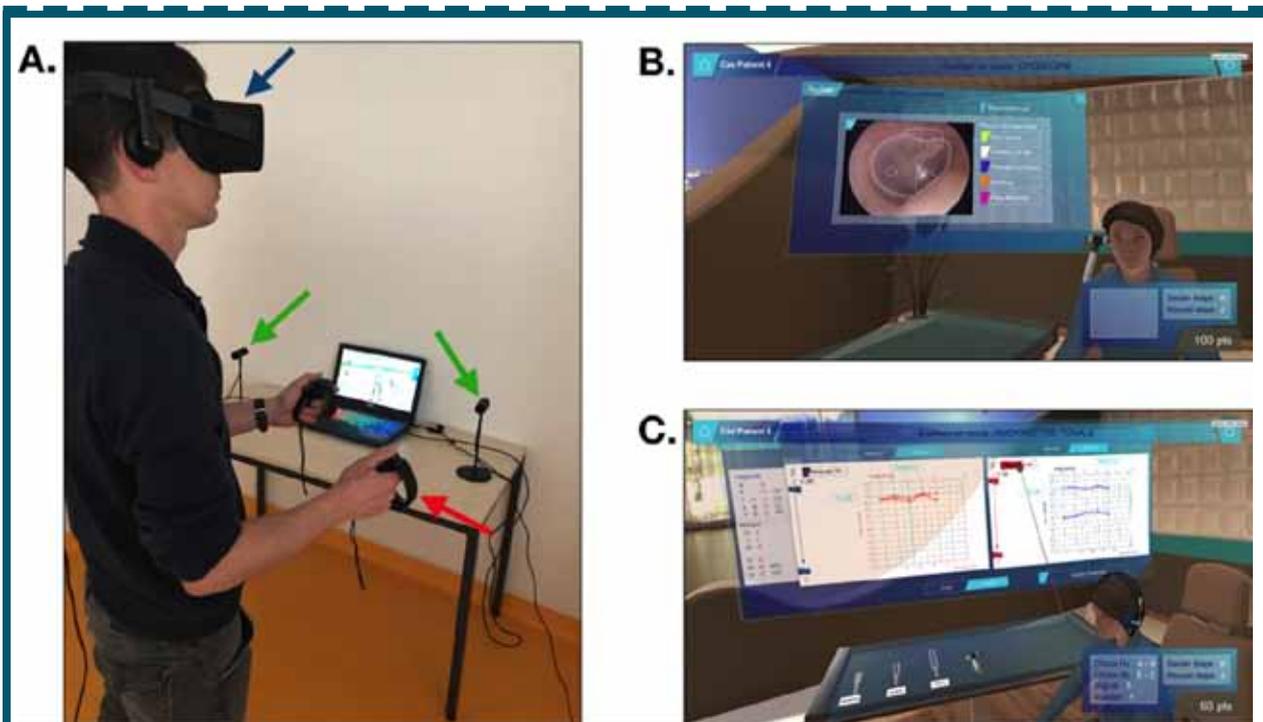


Figure 1 : 1A : Matériel nécessaire à la réalité virtuelle : ordinateur portable, casque de réalité virtuelle (flèche bleue), manettes (flèche rouge) et capteurs (flèches vertes). 1B : Capture d'écran du logiciel lors de la réalisation d'une otoscopie. L'apprenant doit mettre l'otoscope à l'endroit approprié pour effectuer l'otoscopie puis doit légendier le schéma d'otoscopie. 1C : Capture d'écran du logiciel, lors de la réalisation d'une audiométrie tonale en conduction aérienne et vocale avec possibilité de choisir l'oreille à masquer et l'intensité du masquage.

permettant d'interagir avec le patient virtuel. Un réglage simple permet à l'utilisateur de définir une zone d'action (environ 6m²). La prise en main est très rapide, nécessitant un accompagnateur lors des cinq premières minutes. Sept cas cliniques sont disponibles, et peuvent être déclinés en deux modes « débutant » ou « expert ». Le mode « débutant » guide l'apprenant et lui fournit un feedback, tandis que le mode « expert » le laisse évoluer sans aide.

Validation du simulateur

Afin de valider cet outil, nous avons sollicité des experts français (N=18) dans le domaine de l'audiologie afin de recueillir leurs remarques pour améliorer le simulateur. Nous avons aussi évalué la satisfaction de ces experts extérieurs vis-à-vis du logiciel. La durée moyenne de déroulement du cas clinique était de 27,8 minutes. Suite à la réalisation d'un cas en réalité virtuelle, les principales remarques étaient l'absence d'alerte suite à une erreur pour annoncer le feed-back, une ergonomie des commandes à améliorer, une durée courte du cas clinique et l'absence d'hésitation du patient pour la détermination des seuils. Le taux global de satisfaction était de 88%. Concernant le réalisme et le contenu des cas, l'évaluation des experts notait un taux de satisfaction supérieur à 90%.

Suite à ce retour des évaluateurs, il a été effectué des modifications du feed-back en améliorant sa mise en forme pour le rendre plus visible et en ajoutant une alerte sonore en cas d'erreur annonçant le feed-back. L'ergonomie des manettes a été modifiée ainsi que les légendes des boutons, rendant le maniement plus aisé. La durée des cas cliniques n'a pas été modifiée afin d'éviter l'apparition d'effets indésirables de la réalité virtuelle comme cela a été décrit dans la littérature¹⁸. L'hésitation d'un patient n'a pas non plus été implémentée pour éviter de rallonger la durée du cas clinique.

Suite à la réalisation des suggestions des évaluateurs, les modifications ont été effectuées puis nous avons évalué l'évolution des connaissances suite à cette simulation auprès d'étudiants de troisième cycle en ORL (N=22). Il était noté une amélioration significative des connaissances ($p < 0,0001$) et un niveau de satisfaction de ce type d'apprentissage de plus de 80%.

Le développement d'outil pédagogique nécessite une évaluation par des experts extérieurs au projet et un processus de validation auprès des apprenants pour montrer son efficacité par rapport à la technique d'apprentissage classique. Dans le cas des étudiants en ORL, l'apprentissage traditionnel se fait au travers d'ouvrage de références¹⁹ avant de passer à la pratique clinique auprès des patients. L'utilisation préalable du simulateur permettrait de mieux appréhender le déroulement de l'audiométrie et d'éviter des hésitations ou des erreurs devant le patient. Ce simulateur est complémentaire à l'apprentissage traditionnel avec l'avantage d'être immersif et ludique pour les étudiants. Nous n'avons pas comparé ce simulateur aux modèles 2D proposés sur internet^{15, 16} car non-utilisés par nos étudiants. Les perspectives sont d'évaluer son utilité auprès d'étudiants des écoles d'audioprothèses comparé aux travaux pratiques traditionnels. La comparaison par rapport à l'appel à des « patients acteurs » n'a pas non plus été évaluée car le but du simulateur est justement d'éviter que les étudiants s'entraînent sur des patients.

Références

1. État de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé dans le cadre du développement professionnel continu (DPC) et de la prévention des risques associés aux soins. Rapport de mission. HAS Janvier 2012.
2. Altun D, Ozkan-Seyhan T, Orhan-Sungur M, et al. 2016. Comparison of 4 Laryngoscopes in 2 Difficult Airway Scenarios: A Randomized Crossover Simulation-Based Study. *Simul Healthc*. 11(5):304-308.
3. Scott GM, Fung K, Roth KE. 2016. Novel high-fidelity peritonsillar abscess simulator. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 154:634-637.
4. Ruthenbeck GS, Tan SB, Carney AS, et al. 2012. A virtual-reality subtotal tonsillectomy simulator. *J Laryngol Otol*. 126(Suppl S2):S8-13.
5. Malekzadeh S, Pfisterer MJ, Wilson B, et al. 2011. A novel low-cost sinus surgery task trainer. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 145:530-533.
6. Foulad A, Bui P, Dailey SH et al. 2015. VOCALSS: Versatile optimally constructed aid for laryngeal surgery simulation. *Laryngoscope*. 125(5):1169-1171.
7. Holliday MA, Bones VM, Malekzadeh S, et al. 2015. Low-cost modular phonosurgery training station: development and validation. *Laryngoscope*. 125:1409-1413.
8. Lee DH, Fu TS, Carrillo B, et al. 2015. Evaluation of an otoscopy simulator to teach otoscopy and normative anatomy to first year medical students. *Laryngoscope*. 125:2159-2162.
9. Sowerby LJ, Rehal G, Husein M, et al. 2010. Development and face validity testing of a three-dimensional myringotomy simulator with haptic feedback. *J Otolaryngol Head Neck Surg*. 39:122-129.
10. Awad Z, Ahmed S, Taghi AS, et al. 2014. Feasibility of a synthetic temporal bone for training in mastoidectomy. *Otol Neurotol*. 35(10):1813-1818.
11. Mick PT, Arnoldner C, Mainprize JG, et al. 2013. Face validity study of an artificial temporal bone for simulation surgery. *Otol Neurotol*. 34:1305-1310.
12. Bakhos D, Velut S, Robier A, et al. 2010. Three-dimensional modeling of the temporal bone for surgical training. *Otol Neurotol*. 31(2):328-334.
13. Aussedat C, Venail F, Nguyen Y, et al. 2017. Usefulness of temporal bone prototype for drilling training: A prospective study. *Clin Otolaryngol*. 42(6): 1200-1205.
14. Streppel M, Brusis T. 2010. Problematic medical expertise concerning simulation and aggravation in audiology. *HNO*. 58(2):126-131.
15. <https://counselear.com/>
16. <https://audsim.com/>
17. Fuchs P, Arnaldi B, Tisseau J, et al. Première partie. Les concepts de base de la réalité virtuelle. In: Fuchs P, Moreau G, ed. *Le traité de la réalité virtuelle. Volume 1 : fondement et interfaces comportementales*. Paris: École des mines de Paris; 2003. p. 3-104
18. Tanaka N, Takagi H. 2004. Virtual reality environment design of managing both presence and virtual reality sickness. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 23(6):313-317.
19. <https://sfaudiologie.fr/sites/default/files/GBPAA.pdf>
20. Legent F, Bordure P, Calais C, Malard O, Chays A, Debrulle X. *Audiologie pratique-Audiométrie*. Paris: Elsevier Masson; 2011.



HRTF

Quel avenir pour l'audioprothèse ?

Frédéric REMBAUD Audioprothésiste Périgueux

Chacun d'entre nous a entendu parler de l'effet pavillonnaire proposé par la plupart des fabricants d'appareils auditifs. L'objectif de cette option est de reproduire la qualité sonore d'une audition naturelle avec le pavillon de l'oreille. La technique utilisée est le principe de l'HRTF ou Head Related Transfer Function. Cette option proposée est en fait une option statique qui consiste, nous le verrons plus tard, à filtrer de manière particulière le signal amplifié. La technologie audioprothétique ne cesse de progresser, le traitement du signal fait maintenant appel aux systèmes neuronaux profonds (SNP). Quelle place reste-t-il à cette technique HRTF appliquée à l'audioprothèse au vu des progrès considérables des capacités de traitements du signal.

L'HRTF qu'est-ce que c'est ?

HRTF (Head Related Transfer Function) ou fonction de transfert en relation avec la tête est la modélisation qui caractérise le son localisé dans un point de l'espace perçu par l'oreille de l'auditeur. Cette réponse est généralement mesurée en fond de conduit auditif. Le son avant de stimuler le tympan va subir les réflexions et diffractions liées aux différentes parties du corps et en particulier les épaules, la tête, le pavillon et le conduit auditif. Les caractéristiques spectrales et temporelles vont donc être modifiées et celles-ci de manières différentes d'un individu à l'autre mais aussi d'une oreille à l'autre.

L'HRTF fait appel à la fonction binaurale de l'audition et l'utilisation de la psycho-acoustique. Un être humain est capable de localiser un son en trois dimensions : azimuth, distance et élévation. Le système auditif central intègre la différence interaurale de temps et la différence interaurale d'intensité (cf. figure 1). Ces notions font appel à l'effet d'ombre de la tête et en fonction de la fréquence, le système fera appel à deux stratégies, le codage de la fréquence ou le codage de l'intensité. Les indices monoraux et binauraux sont analysés et comparés. Cette capacité à localiser des sources sonores peut s'être développée chez l'homme comme une nécessité évolutive, la vision est focalisée vers l'avant et est gênée dans l'obscurité, tandis que la capacité de localiser une source sonore fonctionne dans toutes les directions quelle que soit la lumière environnante.

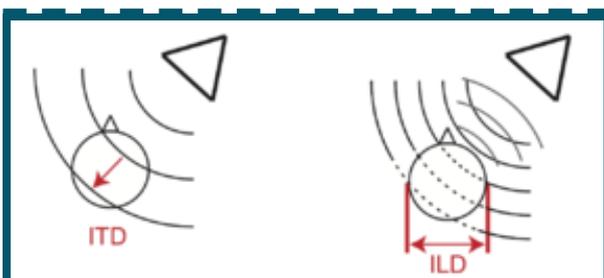


Figure 1 : Modélisation de la différence interaurale de temps et d'intensité.

Pour modéliser les modifications du signal liées à la tête, une mesure au tympan d'un stimulus impulsionnel peut-être réalisée. Elle est appelée HRIR (Head Related Impulse Response) ou réponse

impulsionnelle en relation avec la tête. La modélisation par l'HRIR d'un son source va permettre de convertir ce son en celui qui aurait été perçu par l'oreille de l'auditeur à l'emplacement source original. C'est ce procédé qui a permis de créer le son surround. L'HRTF est la transformée de Fourier de l'HRIR. Vous trouverez en figure 2 et 3 deux exemples de réponse HRTF en fonction de la position de la source sonore.

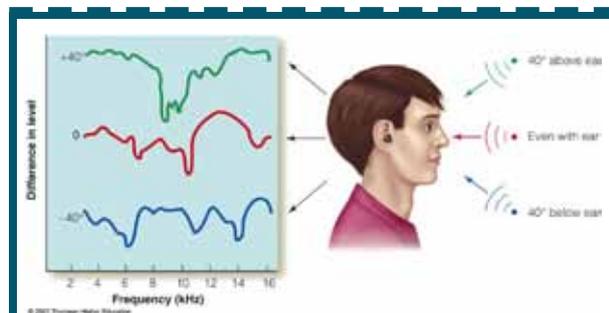


Figure 2 : Réponse HRTF en fonction de la position de la source sonore (au-dessus, en dessous, en face).

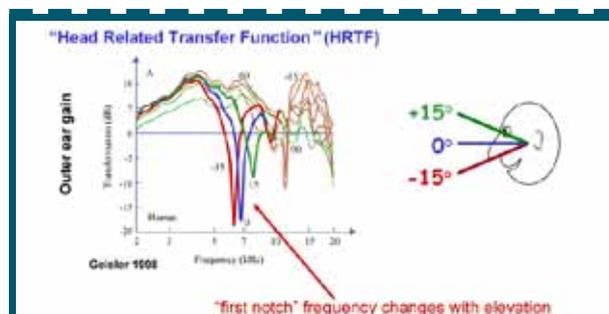


Figure 3 : Réponse HRTF pour une élévation de + ou - 15°.

Modélisation de la spatialisation Sonore

Il y a plusieurs manières d'aborder l'HRTF. Pour cela il faut déterminer la manière dont on veut faire la prise de son, faire le choix de la technique de modélisation et enfin comment diffuser l'effet désiré. Enfin, faire un choix de la technique de modélisation.

La prise de son : Le système de prise de son est primordial, le microphone en est la base. On utilise des systèmes multi-microphoniques (Holophone, sphère...) qui peuvent comporter de 5 à 48 voies. La combinaison des différents systèmes va permettre de restituer la provenance et la proximité des différentes sources sonores.

La technique de modélisation : Elle va dépendre principalement du type de projection sonore que l'on va utiliser.

La projection directe : c'est la plus simple, une source sonore est captée par un microphone et est restituée vers un Haut-parleur via un amplificateur. La spatialisation va être gérée par la modification des gains appliqués aux signaux entrants.

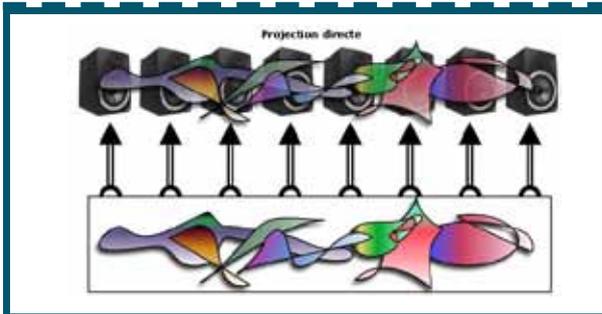


Figure 4 : projection directe Source : <http://multiphonie.free.fr/>

La projection indirecte ou le matriçage : Cette technique s'apparente à la projection directe, cependant la différence est que le matriçage ne se préoccupe que de trouver des artifices techniques, essentiellement des déphasages et des filtrages, pour réunir et séparer des canaux discrets, qui correspondent normalement à la même disposition spatiale avant et après le décodage. L'autre différence est que le signal non décodé est parfaitement audible et directement compatible avec une écoute stéréo.

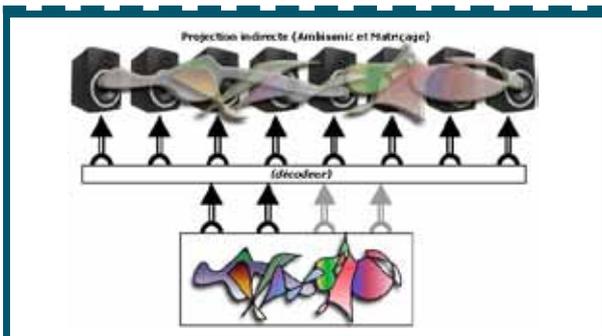


Figure 5 : projection indirecte Source : <http://multiphonie.free.fr/>

La projection indirecte Ambisonic® : Contrairement au matriçage, le but initial de l'Ambisonic® n'est pas d'économiser des canaux. La particularité, et l'intérêt majeur de ce codage / décodage, est que le nombre de haut-parleurs peut être quelconque, typiquement de deux à douze dans les outils les plus connus, à condition tout de même qu'ils soient équidistants et placés sur une sphère, centrée sur l'auditeur. Depuis son invention par Michael Gerzon dans les années 70, l'Ambisonic® représente une des techniques les plus intéressantes pour la capture microphonique d'environnements sonores en un point.

Ses deux principaux atouts sont la simplicité de l'équipement (un seul micro peut remplacer un ensemble de 4 ou 5), et surtout, l'enregistrement multicanal résultant peut être décodé pour différentes configurations, de la stéréo à l'octo en passant par le 5.1.

La technologie " Ambisonic® " basée sur une théorie de la localisation des sons, est apte à reproduire le champ sonore complet en décomposant les caractéristiques directionnelles d'un champ sonore en composantes harmoniques d'une sphère, appelées W, X, Y et Z utilisant les sources ponctuelles distribuées dans l'auditorium (haut-parleurs) de façon complémentaire pour recréer ces composantes directionnelles.

Le son 3D HRTF : Le but premier de la HRTF ou de ses adaptations est de permettre une sensation de «relief augmenté», un peu à la manière dont des lunettes bicolores nous permettent «d'entrer» dans des images de synthèse en «3D», et ceci sans avoir à utiliser de contraignant dispositif multi-haut-parleurs. Son application la plus

efficace, et celle où il n'y a pour l'instant que peu d'alternative, est l'écoute au casque, soit pour simuler une projection pentaphonique de type «surround», soit dans des dispositifs multimédia interactifs qui permettent de détecter les mouvements de la tête et de contrôler les apparences de positions sonores.

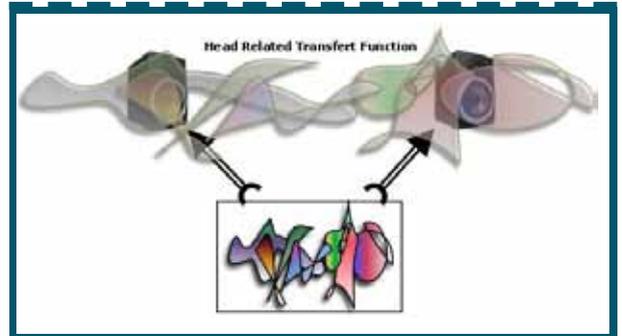


Figure 6 : HRTF Source : <http://multiphonie.free.fr/>

Synthèse de front d'onde (Wavefield synthesis) : La Wave Field Synthesis (WFS ou Synthèse de Front d'Ondes) a commencé au début des années 1990 à l'Université de Delft aux Pays Bas

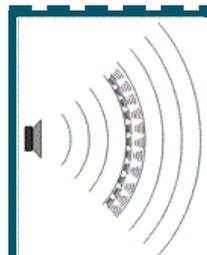


Figure 7 : Synthèse de front d'onde Source : <http://multiphonie.free.fr/>

(Berkhout), puis s'est développée avec le projet CARROUSO rassemblant une dizaine de centres de recherche (IRCAM, Université de Delft, Fraunhofer Institut...). Le physicien Huygens a postulé en 1690 qu'il était possible de reproduire un front d'ondes (lumineuses ou acoustiques) en le synthétisant à partir d'une ligne composée d'une infinité de points de projection. C'est la technique de projection qui a actuellement le vent en poupe, et celle qui est la plus prometteuse dans sa catégorie.

Application Audioprothétique : L'effet pavillonnaire

Les fabricants d'audioprothèse ont cherché à utiliser cette technique de l'HRTF en projection indirecte, malheureusement les capacités de calcul des microprocesseurs ne permettent pas de restituer

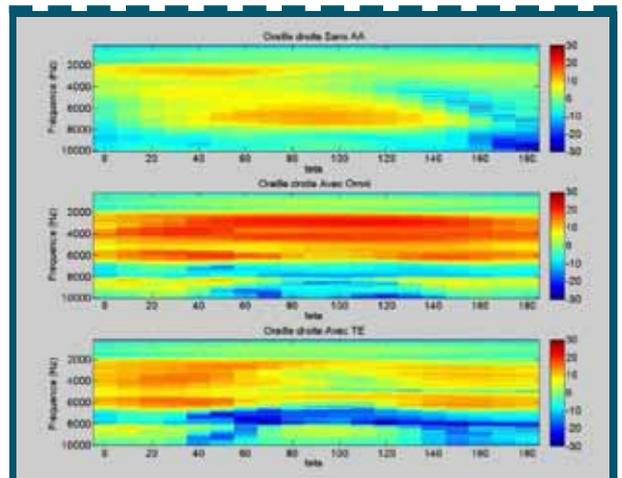


Figure 8 : Variation des spectres en fonction de l'azimut de la source sonore pour l'oreille du KEMAR. En haut oreille nue, au milieu oreille appareillée en mode omnidirectionnel, en bas oreille appareillée avec système HRTF. Source : Baumgartner 2019 Évaluation de la reproductibilité de l'effet pavillonnaire par le programme TruEar (Nx) pour la compréhension en milieu bruyant



l'effet désiré. Ils ont cependant mis en application directement la fonction de transfert HRTF en restituant l'effet pavillonnaire. On le retrouve chez tous les fabricants sous différentes dénominations (Real ear Sound, True Directionality, True ear).

Des mesures sur KEMAR ont été effectuées par Antoine BAUMGARTNER (Ecole de Cahors) en collaboration avec l'école de NANCY pour évaluer le filtre HRTF de l'appareil du groupe SIVANTOS.

La filtration du signal restituée de manière relativement fidèle l'effet pavillonnaire du KEMAR. Cependant chaque individu ayant sa propre HRTF, cette technique produit-elle l'effet désiré sur chaque oreille de chaque patient ? D'après A. Baumgartner l'effet restitué ne met pas en difficulté le patient vis-à-vis de l'oreille nue ou d'un système intra auriculaire.

Les différentes applications HRTF

La majorité des applications HRTF sont destinées au grand public. On y retrouve dans un premier temps, l'écoute de la musique au casque. Les médias internet permettent aujourd'hui d'écouter des sons 8D. L'auditeur est plongé au centre de la musique et peut percevoir les différents instruments en fonction de sa position de manière relative.

Les équipes de développement du jeu vidéo ont beaucoup investi dans cette technique pour restituer l'ambiance sonore de l'univers dans lequel le joueur évolue. Cela reste cependant complexe en fonction des débits de données des réseaux internet.

La réalité virtuelle ou augmentée reste l'application la plus prometteuse, on sait aujourd'hui avec les casques de réalité virtuelle plonger le sujet dans un environnement immergé avec la scène sonore associée et spatialisée. La position de la tête est enregistrée et la diffusion des sources sonores est projetée en fonction de cette position (utilisation de la méthode Ambisonic® par exemple).

Microsoft, Google ou encore Orange Labs à Lannion (Côte d'Armor) investissent dans la spatialisation des sons sur les différents supports médias que nous utilisons au quotidien. Plonger l'auditeur au milieu du champ sonore est un enjeu stratégique important.

Dans l'industrie aéronautique militaire, l'HRTF est utilisée dans les casques de pilote de chasse. Ces casques sont dotés d'écrans d'informations de vol virtuels associés à une diffusion sonore à 8 voies. Ces dernières vont être mixées en fonction du type d'alarme sonore (Figure 9). Le pilote va percevoir une alarme sonore et visuelle sur l'avant concernant un paramètre de vol ou un échange tour de contrôle. S'il est poursuivi par un ennemi ou bien en ligne de mire d'un missile le son sera perçu sur l'azimut d'attaque.



Figure 9 : Documentation Terma. Source Terma.com

Spatialisation du son : quel avenir en audioprothèse ?

Faire une mesure HRTF reste relativement simple et il aurait été intéressant d'intégrer cette mesure dans la prescription d'appareillage du patient. Cependant, traiter dynamiquement ce paramètre demande énormément de capacités de calcul que ne possèdent pas les appareils auditifs actuels.

Le modèle HRTF actuel est basé sur une banque de filtres mesurés sur différentes personnes, la restitution fidèle du modèle va dépendre du type de filtre utilisé. Il serait intéressant de tester les différents modèles de filtres sur les personnes malentendantes afin de les optimiser et permettre de restituer à nos patients ces effets de localisation en trois dimensions.

L'application la plus envisageable pour le métier serait d'utiliser cette technique de spatialisation pour créer un test de localisation sonore intégré au logiciel des fabricants. Cela permettrait un stéréo équilibrage beaucoup plus efficace, et d'optimiser la compréhension en milieu complexe.

La technique de l'HRTF est ancienne et est basée sur le principe de l'audition binaurale, la spatialisation sonore est en plein développement car après avoir plongé le public dans la réalité virtuelle ou le multimédia immersif, il est à présent nécessaire d'améliorer cette immersion par les effets sonores. Si les applications grand public représentent un enjeu important, il n'en est pas moins pour l'audioprothèse ou les applications pourraient permettre aux patients de performer en terme de localisation sonore.

Pour aller plus loin...

- **Audioprothèse et son 3D : Etude et application du son binaural à un dispositif de rééducation auditive.** O. FERBER 2015 Nancy
- **Évaluation de la reproductibilité de l'effet pavillonnaire par le programme TruEar (Nx) pour la compréhension en milieu bruyant.** A. BAUMGARTNER 2019 Cahors
- **Localisation auditive dans le plan horizontal : Influence du mode microphonique et de l'acclimatation audioprothétique.** P.Y. CROGUENEC 2007 Fougères.
- **Source IRCAM (Institut de Recherche et Coordination en Acoustique/Musique) - Bibliothèque de filtres HRTF**
- <http://multiphonie.free.fr/>

Live music for all

Laurent SAID CTO Augmented Acoustics

Vincent PÉAN Expert Audition

Stéphane DUFOSSÉ CEO Augmented Acoustics

L'expérience sonore vécue en concert est trop souvent en dessous du niveau d'exigence que le public est en droit d'attendre. Les raisons de cette déception sont notamment liées à la qualité de l'acoustique du lieu, la sonorisation parfois mal optimisée, les nuisances sonores diverses.

Or, les personnes présentant des difficultés d'audition (légères ou non) sont d'autant plus sensibles à ces effets.

Chaque individu dispose d'une acuité auditive personnalisée, certaines personnes ont des « trous » dans la bande passante audible, d'autres n'ont pas la même sensibilité sur chaque oreille, ou peuvent souffrir de troubles psychoacoustiques.

Ainsi, le « vécu d'oreille » ne permet plus à certains de toujours apprécier la qualité acoustique d'un concert du fait d'une perte d'acuité auditive, qu'elle soit mécanique, physiologique ou psychoacoustique. C'est notamment lié à ce que l'on appelle l'effet cocktail-party, qui se manifeste lorsqu'une personne a des difficultés spécifiques à entendre au milieu d'une foule, tout en entendant sans problème dans un environnement plus calme.

Avec l'âge (presbycusie) ou à cause d'un vécu traumatisant, toute personne a perdu une certaine capacité à bien distinguer et analyser l'ensemble des informations sonores qui lui parviennent, notamment dans un contexte bruyant.

Cette diminution de perception déjà handicapante dans le quotidien est un frein à l'accessibilité pour les musiques vivantes puisque les systèmes proposés aujourd'hui sont mal adaptés pour l'écoute de la musique. Pire, celle-ci devient réhibitoire pour profiter d'un concert lorsque la qualité sonore est médiocre.

La classification de la déficience auditive est basée sur l'audiométrie tonale : une perte totale moyenne est calculée à partir de la perte en dB aux fréquences 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz. Toute fréquence non perçue est notée à 120 dB de perte. Leur somme est divisée par quatre arrondis à l'unité supérieure [BIAP¹]. La perte auditive est donc quantifiée par une audiométrie basée sur une valeur moyenne d'audibilité de jeunes sujets normo-entendants. En réalité la variabilité intra-individuelle des capacités auditives est très importante même chez des normo-entendants [Johnson et al. 1987² ; Kidd et al. 2007³]. Ainsi [Kidd et al. 2007] ont étudié les performances de 340 sujets (100 hommes, 240 femmes, âgés de 18 à 34 ans ; perte tonale < 20 dB HL de 250 Hz à 4000 Hz) sur 19 tests de discrimination et d'identification avec différents stimuli (ton pur, sons environnementaux, ...). Sur un test de discrimination de hauteur tonale (« pitch ») 10% des sujets (10%-décile) avaient une discrimination supérieure à 36 Hz, 10% (90%-décile) des sujets une discrimination inférieure à 3 Hz et 50% des sujets (médiane) une discrimination inférieure (ou supérieure) à 11Hz.

De même sur un test de discrimination d'intensité (sur un ton

pur) 10% des sujets (10%-décile) obtenaient une discrimination supérieure à 2.4 dB, 10% (90%-décile) des sujets une discrimination inférieure à 0.3 dB et 50% des sujets (médiane) une discrimination inférieure (ou supérieure) à 0.65 dB. Les auteurs identifiaient trois facteurs (par analyse en composantes principales) reflétant les capacités auditives de traitement temporel et fréquentiel : sonie et durée reflétant la capacité à détecter des changements d'énergie et de durée, pitch et temps impliquant la capacité de discrimination de spectre et de timbre, et modulation d'amplitude suggérant une capacité à suivre des variations d'enveloppe.

Cette variabilité intra-individuelle des capacités auditives est aussi observée chez les sujets ayant des pertes auditives neurosensorielles. Sur les 25% d'entre eux qui sont appareillés seuls 55% sont satisfaits ou très satisfaits [Kochkin 2009⁴]. La sous-utilisation des aides auditives et la non satisfaction pour certains utilisateurs seraient notamment liées au fait que la mal-audition n'est pas une simple perte d'audibilité mais est aussi accompagnée d'une perte de fidélité des sons audibles [Grant et al. 2013⁵]. Cette limitation des aides auditives liée à une caractérisation incomplète du sujet malentendant se traduit notamment par l'impossibilité de prédire des différences individuelles dans les performances de reconnaissance de parole dans le bruit de sujets malentendants avec des audiogrammes identiques.

Cette variabilité est complexifiée par les effets de l'âge en général et des fonctions cognitives (mémoire de travail, attention, vitesse de traitement) [Bernstein et al. 2013⁶]. Ainsi, les facultés d'audition s'altèrent avec l'âge, c'est la presbycusie, ce qui entraîne que 45% des plus de 50 ans ont de réelles difficultés de compréhension dans les conversations. [Bien vieillir 2007⁷].

Cette variabilité de capacité auditive intra-individuelle se traduit donc par une perception personnalisée des sons. Cette personnalisation de l'audition est renforcée dans l'écoute de la musique pour laquelle s'ajoute une dimension esthétique subjective. Ainsi les jeunes collégiens préféreraient parfois l'écoute MP3 à la qualité musicale haute-fidélité [Olive 2010⁸].

La musique et la parole diffère acoustiquement : la première est plus intense et plus dynamique. Ainsi le niveau sonore moyen atteint à 3m par une flûte est compris entre 92 et 105 dBA, celui d'un violon entre 80 et 90 dBA, alors que celui de la parole conversationnelle normale est compris entre 60-70 dBA [Chasin et Hockley 2014⁹].

1. <http://www.biap.org/recom02-1.htm>

2. DM Johnson, CS Watson and Janet K. Jensen, "Individual differences in auditory capabilities. I", J. Acoust. Soc. Am., 81 (2), February 1987.

3. GR. Kidd, CS. Watson, and B. Gygi, "Individual differences in auditory abilities", J. Acoust. Soc. Am. 122 (1), July 2007.

4. S. Kochkin, "MarkeTrak VIII: 25-Year Trends in the Hearing Health Market", The Hearing Review, October 2009; Volume 16, Number 11

5. KW. Grant, BE. Walden, V. Summers, MR. Leekz, "Introduction. Auditory Models of Suprathreshold Distortion in Persons with Impaired Hearing", J Am Acad Audiol 24:254-257, 2013

6. JGW. Bernstein, V. Summers, E. Grassi, KW. Grant, "Auditory Models of Suprathreshold Distortion and Speech Intelligibility in Persons with Impaired Hearing", J Am Acad Audiol 24:307-328, 2013

7. Plan national « Bien vieillir » 2007-2009. http://www.travail-solidarite.gouv.fr/IMG/pdf/presentation_plan-3.pdf

8. S. Olive, "Some New Evidence That Generation Y May Prefer Accurate Sound Reproduction", http://seanolive.blogspot.fr/2010_06_01_archive.html

9. M. Chasin et NS. Hockley, "Some characteristics of amplified music through hearing aids", Hearing Research 308, 2:12, 2014



De même les facteurs de crête de la musique sont de l'ordre de 16 à 20 dB autour du niveau moyen alors que pour la parole il est de l'ordre de 12 dB. De plus le spectre (moyen à long terme) de la parole est relativement similaire d'un locuteur à l'autre et même d'une langue à l'autre [Byrne et al. 1994] alors que le spectre de la musique dépend des instruments. Ainsi la musique vocale a beaucoup d'énergie dans les basses et moyennes fréquences alors que les instruments à percussion génèrent surtout de l'énergie dans les fréquences moyennes et hautes [Chasin et Hockley 2014]. Le taux de modulation de la parole est autour de 4 Hz alors que celui de la musique dépend du tempo [Croghan et al. 2014¹⁰]. Ces différences expliqueraient notamment que l'aide auditive ne soit pas adaptée pour l'écoute de la musique [Chasin et Hockley 2014, Madsen et Moore 2014¹¹]. Ainsi dans l'étude de [Madsen et Moore 2014] sur 523 utilisateurs d'aides auditives interrogés par questionnaires-web plus de la moitié (53%) rapportent des problèmes de distorsion « parfois » ou « souvent » lors de l'écoute de la musique. De même, dans cette étude une plus grande proportion de sujets trouve difficile l'écoute d'un orchestre complet avec sa complexité de nombreux instruments que l'écoute d'instruments en solo.

La musique est donc un signal complexe dont le traitement doit prendre en compte des dynamiques importantes et des spectres d'instruments très différents les uns des autres et de la parole [Chasin 2010, Chasin et Hockley 2014].

Le traitement du son musical doit donc prendre en compte à la fois la variabilité intra-musicale en adaptant les traitements aux instruments musicaux, la variabilité intra-individuelle de capacité auditive en adaptant les traitements à l'audition du sujet, et la variabilité inter-sujet subjective esthétique en adaptant les traitements au plaisir d'écoute du sujet.

C'est cette approche qui est proposée par Augmented Acoustics.

À l'heure actuelle, l'amélioration du confort auditif est principalement réalisée par des prothèses auditives. La fourniture de ce genre d'appareil est effectuée par des audioprothésistes professionnels car un bilan prothétique est indispensable. En effet, l'âge, l'ancienneté de la perte auditive, l'environnement sonore et les habitudes du patient engendrent des réglages fins et complexes et permettent le meilleur compromis pour la satisfaction du patient. Les utilisateurs ainsi appareillés bénéficient de conditions efficaces dans les circonstances de leur vie quotidienne.

Depuis 2005, l'accessibilité des Etablissements recevant du public est une obligation légale (loi du 11 février 2005, article 41), et depuis le 1^{er} Janvier 2015, toutes les salles de concerts sont censées être en conformité avec la réglementation d'accessibilité.

Trois solutions existent aujourd'hui : La boucle magnétique, les systèmes de transmission audio par infrarouge, les systèmes de transmission par radio.

Ces solutions collectives présentent des limitations en termes de bande passante et dynamique qui font qu'elles n'améliorent que très partiellement l'expérience musicale en concert. Et aucune de ces solutions ne prend en compte le fait que l'audition du spectateur malentendant peut avoir des comportements différents en fonction du type d'instrument joué.

Augmented Acoustics a développé SupraLive, un service et une solution technologique qui permet aux spectateurs en concert de pouvoir personnaliser leur expérience sonore. Une fois équipés de notre système breveté (composé d'écouteurs intra-auriculaires, de notre petit récepteur PEEBLE® et d'une application mobile), les spectateurs accèdent à une qualité d'écoute Haute-Résolution ainsi qu'à diverses possibilités de paramétrages comme le réglage de volume ou l'égalisation paramétrique et l'accès au multipiste.

Le service SupraLive actuel offre ainsi déjà une première alternative pour les malentendants grâce à la fonction d'égalisation, la qualité sonore HD, la maîtrise de la captation sonore, l'accès à des réglages de volume multipiste, la stéréophonie et la contrainte de latence.

Cependant, la capacité de SupraLive à opérer des réglages par canal offre des possibilités de personnalisation de l'écoute pour des personnes à acuité auditive réduite en appliquant un traitement adaptatif améliorant la qualité d'écoute sur les pistes musicales en fonction des instruments joués sur chacune des pistes.

Par ailleurs, les sujets peuvent avoir un niveau d'audition faible (insensibilité à niveau faible) et une forte sensibilité à niveau fort (gêne à des niveaux bien inférieurs au niveau de gêne moyen). Également une dynamique étendue a montré des résultats bénéfiques sur la qualité sonore perçue par des musiciens appareillés [Hockley et al. 2010¹²]. SupraLive a une dynamique numérique de calcul de 144dB (dynamique liée aux 24 bits de la mantisse des flottants), supérieure à la dynamique de l'oreille (120dB), ce qui offre de la marge par rapport au bruit de quantification. Ainsi, la dynamique numérique de SupraLive permet une qualité élevée malgré une réduction de la dynamique d'audition.

Enfin, différentes études^{13 14 15 16} montrent que les évolutions temporelles rapides du signal sont impactées par la fréquence d'échantillonnage. Nous profitons ainsi des possibilités intrinsèques de notre technologie avec ses 8 pistes instrumentales dédiées et une fréquence d'échantillonnage élevée à 96 kHz pour permettre à une large partie des malentendants d'accéder à cette expérience du live inédite et ainsi de recouvrer le plaisir du concert.

Cette évolution de SupraLive est en cours de brevet à l'international et s'appelle Live Music For All.

10. NBH. Croghan, KH. Arehart, JM. Kates, "Music Preferences With Hearing Aids: Effects of Signal Properties, Compression Settings, and Listener Characteristics", *Ear & Hearing* 2014; 35; e170–e184

11. SMK Madsen, BCJ Moore, "Music and hearing aid", *Trends Hear.* 2014 Oct 31; 18.

12. NS. Hockley, F. Bahlmann, M. Chasin, "Programming hearing instruments to make live music more enjoyable. *The Hearing Journal*, 2010, 63 (9), 30:38

13. J. Robert Stuart, "Coding for High-Resolution Audio Systems", *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 52, No. 3, 2004 March

14. Bob Stuart, "High-Resolution Audio : A perspective", *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 63, No. 10, 2015 October

15. Peter G. Craven, "Controlled pre-response antialias filters for use at 96kHz and 192kHz », AES 114TH CONVENTION, AMSTERDAM, THE NETHERLANDS, 2003 MARCH 22-25

16. Malachy Ronan, Robert Szodov, and Nicholas Ward, "Factors influencing listener preference for dynamic range compression", AES 137th Convention, Los Angeles, USA, 2014 October 9–1

Appareillage auditif et télé-suivi prothétique

Descriptions et utilisations

Yves LASRY Audioprothésiste D.E, Nantes

Stéphane LAURENT Audioprothésiste D.E, Gourin

Introduction

Il devenait de plus en plus évident que les évolutions technologiques du digital allaient modifier nos habitudes et surtout accroître considérablement les possibilités de réglages, de traitements du signal, et autres interactions.

Les appareils auditifs sont en effet connectés aux smartphones qui eux-mêmes sont connectés à internet, c'est-à-dire au reste du monde. La connectivité est désormais intégrée à de nombreux dispositifs médicaux (tensionnètres, glycémie, dialyses, etc.) et la relation entre soignants et soignés va (c'est encore balbutiant) être remaniée par ces avancées ; l'audiologie n'y échappera évidemment pas.

Depuis quelques années certaines voies sont ainsi explorées : réglage distant par visio-conférence, avec l'aide d'un assistant, ou prise en main à distance d'un ordinateur de réglage d'aides auditives. Ces innovations sont pour le moment encore expérimentales donc confidentielles.

Pourtant, une fois encore, c'est par le biais des fabricants d'aides auditives que la généralisation a vu le jour. Plusieurs d'entre eux proposent dès aujourd'hui un télé-réglage : l'audioprothésiste se connecte, par l'intermédiaire du smartphone du patient appareillé, à ses aides auditives, quelle que soit la distance, le tout avec communication entre les interlocuteurs par visio-conférence (le patient voit et entend l'audioprothésiste sur son téléphone).

Pour quels profils d'audioprothésistes et de patients ?

Quel audioprothésiste êtes-vous ?

« Digitalophile » ou « Digitalophobe » ? La question peut sembler uniquement conçue pour distraire un auditoire dans un amphithéâtre mais il n'en est rien. L'usage des technologies du numérique est en partie marqué par la génération à laquelle appartiennent les audioprothésistes (les plus jeunes sont a priori plus à l'aise avec ces technologies que les quinquagénaires) et l'on peut s'attendre en conséquence à deux attitudes :

- Le déni de technologie, la « digitalophobie », qui peut conduire certains audioprothésistes à se tenir à distance de ces possibilités, et donc en priver certains de leurs patients.
- A l'opposé, la gourmandise technologique peut conduire à oublier les règles fondamentales d'exercice en présentiel, l'écoute attentive, l'instauration d'un climat de confiance et tenir cette fois à distance les patients du cabinet d'audioprothèse.

Et les patients ?

De la même manière, l'audioprothésiste aura tôt fait de discerner ceux qui ne veulent même pas s'encombrer d'un potentiomètre de volume de ceux qui auront anticipé le rendez-vous de réglage et déjà téléchargé l'application. Là aussi il conviendra sans doute de parfois encourager les premiers en vulgarisant la technologie, en l'expliquant et la démontrant et tempérer les seconds en leur rappelant les inévitables limites thérapeutiques que la technologie, toute impressionnante soit-elle, ne pourra pas totalement endiguer.

Les possibilités offertes par ces nouvelles technologies

A-t-on accès à tous les réglages à distance ?

Non, affirmons-le haut et fort, l'audiométrie in situ et les tests anti-larsen sont exclus, il ne peut pour l'instant s'agir que d'ajustements de suivi. Quand bien même ces réglages seraient-ils accessibles qu'il conviendrait de se souvenir que le code de la santé publique conditionne l'exercice de la profession d'audioprothésiste à des locaux adaptés.

Synchrone / Asynchrone

C'est une distinction importante lorsqu'il s'agira pour vous de vous renseigner auprès de vos fabricants des possibilités de réglages à distance ; ces deux modalités ne répondront pas aux mêmes besoins ni aux mêmes patients.

Réglages synchrones

La prise de commande des réglages à distance, via internet et le smartphone se font en direct. L'audioprothésiste a le même logiciel de réglage, il voit son patient dans une fenêtre vidéo et l'entend dans son casque. A la place de l'interface habituelle (Noahlink Wireless) est représenté le symbole d'internet. Il faut donc prévoir un rendez-vous !

Disons-le tout de suite : l'immense avantage de ce réglage à distance synchrone est le gain de temps pour le patient qui n'a pas besoin de se déplacer ! Nous avons noté par ailleurs que les rendez-vous de ce type étaient un peu plus courts qu'en présentiel, même si la connexion est de qualité, nous discutons un peu moins de la pluie et du beau temps...

Pour quels patients peut-on penser au réglage synchrone ?

- Pendant la période d'essai, suite à une difficulté de déplacement, un réglage intermédiaire, qui permet de rapidement faire le point, et une modification simple du réglage (moins fort, ou un peu moins d'aigues), l'évaluation de l'intelligibilité se fera ultérieurement en présentiel.
- Réglage en situation de gêne : citons un exemple de patient éprouvant des difficultés de compréhension dans le bruit de la cafétéria de son lieu de travail. Après plusieurs tentatives de réglages en cabine, nous proposons une prise de commande dans la situation bruyante, en direct. Attention à ne pas abuser de ce type de réglage chez les patients fragiles, ou trop exigeants, qui risquent de considérer ce progrès comme un aubaine ! Pour autant, vraiment lorsque le cas l'exige, quel progrès et quel sentiment de prise en charge pour le patient !

Gageons que ce réglage synchrone va évidemment s'étendre à de nombreuses marques et qu'il deviendra un outil d'accompagnement parmi d'autres. Il s'affranchit en outre de trop de contraintes de sécurité des données puisqu'il n'y a pas de stockage du réglage dans le cloud du fabricant dès lors que le réglage a lieu en direct.



Réglages asynchrones

Moins spectaculaire en apparence, le réglage asynchrone consiste tout simplement à pouvoir envoyer un nouveau réglage au patient, toujours via son smartphone, qu'il chargera dans ses appareils lorsqu'il le souhaitera. Il n'y a pas dans ce cas de communication directe entre l'audioprothésiste et son patient. Le gain de temps est appréciable pour tous les deux : pas de déplacement pour le patient et pas de plage de rendez-vous mobilisée pour l'audioprothésiste. Nous conseillons cependant de réserver ce réglage à des patients bien connus car il n'y a pas de possibilité de s'expliquer.

L'exemple flagrant est la remise d'un réglage précédent suite un changement que le patient n'aura pas toléré.

Le réglage synchrone soulève cependant des questions de confidentialité (le fameux RGPD) puisque les réglages sont stockés pendant un temps au moins dans le cloud du fabricant.

Le journal auditif

Et si l'audioprothésiste pouvait régulièrement avoir une remontée d'informations de l'usage que font ses patients des appareils (temps de port, ambiances sonores, appréciations sur le son, la compréhension, et autres remarques) ?

C'est ce qu'autorise le journal auditif de quelques applications smartphone connectées aux aides auditives. L'application collecte les données issues des appareils auxquelles le patient peut apporter à tout moment des évaluations, le tout sera transmis à l'audioprothésiste qui aura ainsi de précieuses données pour préparer le prochain rendez-vous.

Et demain ?

5G, données de masses ne vont faire qu'accroître le rôle du digital dans la santé auditive. Le recueil d'informations sur le vivant s'amplifiera (concentration, fatigue, équilibre, déplacements, coordonnées GPS, etc.) et le croisement avec les décisions et actes des audioprothésistes seront analysés par des algorithmes. Vertigineux ? Technologie froide ? La technologie est par définition vide d'éthique - seul l'être humain lui donne une direction éthique, à condition d'en avoir une, bien entendu.

En résumé, comment procéder, demain, dans votre cabinet ?

Renseignez-vous tout d'abord sur les possibilités techniques offertes par les fabricants avec lesquels vous avez vos habitudes : réglages synchrones ? Asynchrones ? Journal auditif ?

Ensuite détaillez le processus : téléchargement de l'application, inscriptions, identifiants, mots de passe, puis faites un essai entre deux centres, ou deux cabines. L'étape d'après sera de tester ces modalités avec un patient que vous connaissez bien.

Vous devez rendre la procédure fluide de votre côté pour ensuite pouvoir la proposer à bon escient, au bon patient, au bon moment.

Pensez à bien vérifier la connexion internet de votre interlocuteur avant une séance de réglage synchrone, cela a évidemment beaucoup moins d'importance dans

le réglage asynchrone. Faites une connexion test juste avant le rendez-vous.

Habituez-vous au réglage synchrone : vous ne verrez pas le patient de la même façon, l'échange sera plus centré sur la finalité du réglage, entraînez-vous à parler, à vous placer devant la caméra, décrivez ce que vous faites, le patient ne voyant pas votre environnement. Enfin, encadrez ce type de rendez-vous qui ne doit être que l'exception, gare aux patients qui demanderont un réglage à distance par situation de gêne !

N'oubliez pas que le réglage à distance n'est qu'un prolongement de vos actes. Pas question de compter sur un télé-réglage pour instaurer un climat de confiance qui n'aura pas été établi en présentiel. Par contre, si c'est le cas, une séance à distance de temps en temps permettra de prolonger efficacement ce lien établi en présentiel.

En conclusion, patients et professionnels de l'audition vont se saisir de ce nouvel outil qui - ne le perdons pas de vue - n'aura d'intérêt que s'il permet à plus de patients de porter quotidiennement leurs appareils dont les réglages auront été optimisés entre autres par cette possibilité technologique nouvelle.

ASSURANCES
aides auditives

Cabinet
BAILLY

Fondé en 1907 - 52600 HORTES



Des garanties complètes :

PERTE (toutes causes)
VOL
CASSE
PANNE

Des durées au choix :
1 an ou 4 ans
Appareils assurés pendant le prêt

Audioprothésistes,
économisez jusqu'à 40% sur
votre multirisque professionnelle !

Tél : 03.25.87.57.22
Fax : 03.25.84.93.34
Courriel : ab2a.bailly@orange.fr
Site internet : www.ab2a.fr



A partir de 25€/an
CONTRAT
PARTENAIRES*

* Pour vous : notre contrat multipro
Pour vos clients : des garanties et tarifs revus

CONTACTEZ NOUS !!!

SARL au capital de 1.800.000 € RCS Charente 451 620 298
N° ORIAS : 07013032 <http://www.orias.fr>

Entrainement auditif appliqué à l'audioprothèse

Jehan GUTLEBEN Audioprothésiste D.E. - Membre du Collège National d'Audioprothèse
Centre Audition Gutleben, Mulhouse

David COLIN Audioprothésiste D.E. - Docteur en Neurosciences (Phd)
Responsable des études d'audioprothèse à Lyon - Membre du Collège National d'Audioprothèse

Introduction

L'intelligibilité dans le bruit reste l'une des difficultés principales des patients malentendants. Si les appareils auditifs ont fait de réels progrès dans ce domaine ces dernières années, le fait de restaurer l'audibilité et d'améliorer le rapport signal sur bruit ne suffit pas toujours à combler le déficit. La dimension cognitive impliquée dans l'intelligibilité joue également un rôle et en particulier en milieu bruyant. C'est pourquoi depuis plus de 50 ans des méthodes d'entraînement auditif sont développées et utilisées pour les malentendants enfants ou adultes, appareillés ou non. Au départ, l'entraînement auditif était réalisé principalement en tête à tête avec un professionnel, puis cet entraînement a été complété par des enregistrements sonores : CD, DVD, programmes informatiques sur PC, applications sur smartphone ou tablettes. Si ces méthodes sont très utilisées dans les cas d'implantations cochléaires, leur utilisation est encore rare pour les patients appareillés de façon conventionnelle. L'entraînement auditif a pour objectif d'améliorer l'identification des indices de la parole oubliés suite à la privation sensorielle, et de renforcer les circuits automatiques de traitement de la parole pour améliorer les capacités de communication des malentendants.

La grande majorité des études visant à mesurer l'efficacité de ces entraînements auditifs s'est déroulée aux Etats-Unis avec des logiciels comme LACE, Brain HQ et cIEAR.

En quoi consiste un programme d'entraînement auditif ?

Les programmes d'entraînement auditif contiennent des tests de discrimination de phonèmes ou de morphèmes, des tests d'intelligibilité sur les mots les plus utilisés, des exercices de compréhension dans le bruit, de compréhension de discours, des stimuli audio-visuels, des exercices de mémoire de travail, d'attention auditive, des exercices alliant auditif et cognitif ainsi que des exercices de stratégies de communication.

Utilisation des solutions d'entraînement auditif en centre d'audioprothèse

Au cours des 15 dernières années, les solutions d'entraînement auditif utilisables en langue française se sont multipliées. Plus généralement, elles font partie des outils d'entraînement cognitif (aussi appelés « serious games ») qui connaissent un engouement croissant depuis la généralisation des smartphones. Qu'ils soient gratuits ou payants, on trouve aujourd'hui des outils d'entraînement auditivo-cognitifs sur différents supports : DVD, logiciels, plateformes en ligne, applications mobiles, ... Ils ont été développés avec l'objectifs d'entraîner différentes capacités : détection, discrimination, identification, compréhension, mémorisation, écoute sélective, écoute dichotique, ... Le tableau 1 présente une sélection non exhaustive de ces outils.

	Source	Type de support	Coût	Fonctions entraînées
IFIC	www.implant-ific.org	Plateforme en ligne	Gratuit	Discrimination, compréhension, mémorisation
Phonétique	http.phonetique.free.fr	Plateforme en ligne	Gratuit	Discrimination
eArena	Siemens	DVD	N'est plus dispo	Discrimination, identification, concentration, mémorisation
Le Monde d'Oto	Audivimedia	Logiciel	30 €	Discrimination, compréhension
LEB	www.monleb.com	Logiciel	50 CAD (= environ 38 €)	Ecoute dans le bruit
HearCoach	Starkey	Appli iOS et Android	Gratuit	Ecoute dans le bruit, mémorisation
iDichotic	www.dichoticlistening.com	Appli iOS	Gratuit	Ecoute dichotique
Audiolog 4	Flexoft (créateur allemand) Version française par Editions Creasoft	Logiciel	N'est plus commercialisé en France	Discrimination, écoute dans le bruit, écoute dichotique, localisation
Auditico	Happyneuron	Plateforme en ligne	590 € / an	Détection, discrimination, écoute dans le bruit
myProfonia	Profonia	Appli iOS et Android	400 € / an (existe en version bridée gratuite)	Discrimination, écoute dans le bruit, mémorisation
HearFit	LDRD	Appli iOS	6000 €+ 90 €/mois	Discrimination, compréhension, écoute dans le bruit

Tableau 1 : Comparatif d'une sélection non exhaustive d'outils d'entraînement auditif utilisables par des patients francophones



Solutions d'entraînement auditif disponibles en français

D'autres solutions gratuites, comme le logiciel Angel Sound (www.angelsound.emilyfufoundation.org) ou l'application Listen (iOS uniquement), proposent des exercices intéressants pour un public francophone, mais les consignes ne sont disponibles qu'en anglais. Enfin, de nombreuses applications proposent des entraînements musicaux pour développer la perception rythmique, mélodique, ou la reconnaissance des accords : L'oreille musicale, Audition - formation auditive, ...

Quels bénéfices peut-on attendre d'un programme d'entraînement auditif ?

La très grande majorité des études sur l'entraînement auditif montre des bénéfices chez les patients entraînés, mais que signifient ces progrès et quelle en est leur ampleur ? Tout d'abord, lorsqu'on mesure l'amélioration d'intelligibilité, il y a un phénomène d'entraînement à la tâche, un apprentissage procédural. C'est ce qu'on appelle le « On-task learning ». L'évaluation se fait sur le même matériel que l'entraînement auditif.

L'objectif de l'entraînement auditif est d'améliorer la compréhension dans le bruit et le confort conversationnel. Il est donc intéressant de mesurer les progrès sur des tâches non entraînées pour voir si les bénéfices sont généralisés. C'est ce qu'on appelle le « Off-task learning ».

De 1996 à 2018, plus de 500 études ont été réalisées sur l'entraînement auditif. Pour beaucoup d'entre elle la méthode d'évaluation n'était pas suffisamment robuste pour aboutir à des conclusions fiables. Henshaw et Ferguson en 2013 ont réalisé une importante revue de la littérature sur le sujet et ont sélectionné les études les plus abouties. De même Strophal et al. (2019) ont poursuivi cette revue de littérature de 2012 à 2018. Ainsi 29 études ont pu être retenues. Concernant les progrès sur la tâche entraînée, toutes les études reportent une amélioration significative ; à noter que 13 des 29 n'ont pas évalué les progrès directement sur la tâche entraînée, ainsi les 16 études mesurant les bénéfices « On-task » ont relevé des bénéfices significatifs (Ferguson et al. 2014; Humes et al. 2014; Kuchinsky et al. 2014; Karawani et al. 2015; Barcroft et al. 2016; Saunders et al. 2016; Rao et al. 2017; Yu et al. 2017). Deux études reportent une amélioration avec des voix différentes mais sur les mêmes tâches (Kuchinsky et al. 2014; Barcroft et al. 2016).

Ce qui est primordial concernant l'entraînement auditif est de mesurer si les progrès réalisés lors de l'entraînement peuvent être généralisés. Ainsi, l'évaluation se fait sur une autre tâche. Par exemple, si l'entraînement se fait sur la discrimination ou l'identification de phonèmes, une mesure de la généralisation proche peut s'effectuer avec des tests de mots ou de phrases. Une mesure d'une généralisation lointaine des bénéfices peut se faire avec des questionnaires d'écoute, de qualité de vie, ou encore tests cognitifs. 21 études sur 29 ont montré une amélioration significative sur au moins un test non entraîné (par exemple : Olson et al. (2013) amélioration au QuickSIN, mais pas au test en vitesse accélérée ; Anderson (2013) : -2dB au Quicksin ce qui équivaut à +20% d'intelligibilité). 8 études sur 29 ne montrent pas d'amélioration significative pour des tâches non entraînées.

Des effets de l'entraînement auditif ont également été observés avec des mesures objectives. Avec des mesures électro-physiologiques, Anderson et al. 2013 notent une diminution de la représentation de l'enveloppe dans le bruit, ce qui se rapproche des résultats des normo-entendants. En revanche, il ne semble pas y avoir de différence aux PEA (Morais et al. 2015; Rao et al. 2017).

En pupillométrie, la dilatation semble plus rapide et plus large chez les sujets entraînés (Kuchinsky et al. ;2014)

Durée des entraînements

En moyenne, les études comptent 18 sessions d'entraînement. Peu d'études comptent moins de 10 sessions (Lavie et al. 2013; Lessa et al. 2013; Morais et al. 2015) mais certaines études vont jusqu'à 40 sessions (Anderson et al. 2013a, 2013b). Chaque session dure entre 15 et 90 minutes à raison de 1 à 6 fois par semaine pendant 4 à 8 semaines. Abrams et al. (2015) souligne l'impact du temps d'entraînement et les problèmes d'assiduité. La plus grande amélioration vient après 5 à 10 sessions de 30 minutes, 5 jours par semaine (Olson et al. 2013). Ce qui constitue un entraînement d'environ 30 heures.

Conservation des bénéfices dans le temps

7 études mesurent la conservation des bénéfices dans le temps. 5 études observent un maintien des bénéfices : de 2 à 4 semaines à Ferguson et al. 2014; Yu et al. 2017 ; de 2 à 6 mois pour Lavie et al. 2013 Anderson et al. 2013b et jusqu'à plus de 8 mois pour Humes et al. 2019.

En revanche, 2 études n'observent aucun maintien des bénéfices : Rishiq et al. 2016 et Saunders et al. 2016.

Exercices d'entraînement auditifs

Plusieurs études ^{1,2,3,4} ont été menées pour déterminer les conditions d'entraînement qui permettent d'en optimiser l'efficacité : types de sons, niveau de difficulté, volume d'heures d'entraînement et cadencement plus ou moins espacé dans le temps, ... Ces études n'ont pas permis d'établir des consensus universels. Néanmoins, certaines recommandations se dégagent :

- L'entraînement doit être interactif : il est préférable que le patient ait un rôle actif, plutôt qu'une écoute passive au cours des séances
- L'outil doit être pratique et facilement accessible : en ce sens, les solutions utilisables au domicile pourraient être plus attractives, et éviteraient en plus les coûts liés aux déplacements vers le centre d'entraînement
- En cas d'auto-entraînement (sans superviseur) pratiqué à domicile, un suivi doit permettre de vérifier l'utilisation et les progrès (datalogging)
- Combiner au sein d'un programme d'entraînement des exercices analytiques (bottom-up), comme la discrimination, et des exercices synthétiques (top-down) comme la compréhension, tout en ciblant les exercices sur les difficultés du patient
- Utiliser un algorithme de difficulté adaptative, visant à maintenir automatiquement le niveau de succès autour d'un objectif défini (70% de bonnes réponses aux exercices par exemple), afin de maintenir l'attention et l'intérêt du patient, mais sans le décourager

- Fournir un retour d'information (feedback) à chaque item (en faisant écouter la bonne réponse en cas d'erreur), et à l'issue de chaque session d'entraînement pour visualiser les progrès
- Proposer un nombre important de voix différentes, offrant une variété d'âge, sexe et accent.

Cette liste de recommandations permet de conclure que l'outil idéal n'existe pas encore ; elle peut surtout guider les choix d'un professionnel souhaitant proposer un entraînement auditif à ses patients.

Naturellement, il faut garder à l'esprit que même imparfait, le premier mérite d'un outil d'entraînement est d'être pratiqué ! L'assiduité des patients reste le principal frein à l'amélioration auditive escomptée. Sur ce point, nous avons mené une comparaison rétrospective des deux plateformes d'entraînement que nous proposons aux patients malentendants appareillés dans notre centre : HearFit (15 mois, de 07/2018 à 10/2019) et Profonia (5 mois, de 06/2019 à 11/2019). Au total, nous avons créé 68 comptes utilisateurs pour HearFit, et 35 comptes pour Profonia, montrant un attrait supérieur des patients pour une solution utilisable à domicile. Mais en considérant comme « motivés » les patients ayant pratiqué un cumul au moins égal à 1 heure d'entraînement, nous arrivons respectivement à 46 et 8 utilisateurs assidus. Le tableau 2 résume la comparaison des deux plateformes sur ce critère d'assiduité.

	Total inscrits / mois	Total motivés / mois
	35/5 = 7	8/5 = 1.6
	68/15 = 4.53	46/15 = 3.07

Tableau 2 : comparaison rétrospective issue de notre expérience avec les plateformes HearFit (proposée au laboratoire) et Profonia (proposée à domicile), sur le critère d'assiduité (cumul minimum d'entraînement fixé arbitrairement à 1 heure)

CONCLUSION

L'évolution et la démocratisation des technologie facilitent grandement l'entraînement auditif. La grande hétérogénéité des résultats peut s'expliquer par des méthodes d'entraînement différentes, des tests d'évaluation différents. La motivation et le profil auditif et cognitif du patient jouent également un rôle très important dans l'efficacité de tels entraînements. De nombreuses questions restent encore sans réponse concernant les conditions optimales d'entraînement, ou la prédiction des bénéfices auditifs et/ou cognitifs pouvant être attendus. Néanmoins, il semble déjà évident que dans la pratique quotidienne d'un centre d'audioprothèse, tous les malentendants appareillés ne seront pas candidats pour ce type de service. De plus, à l'instar d'un apprentissage scolaire, musical ou sportif, l'objectif d'assiduité implique un engagement important de la part du patient, des audioprothésistes et des assistantes pour le suivi de l'entraînement.

Références

1. R. W. Sweetow et al. (2007). *Technologic Advances in Aural Rehabilitation : Applications and Innovative Methods of Service Delivery*. Trends in Amplification.
2. B. J. Lawrence et al. (2018). *Auditory and Cognitive Training for Cognition in Adults With Hearing Loss : A Systematic Review and Meta-Analysis*. Trends in Hearing.
3. C. S. Watson et al. (2008). *Training listeners to identify the sounds of speech : I. A review of past studies*. Hearing Journal.
4. S. Amitay et al. (2015). *Feedback Valence Affects Auditory Perceptual Learning Independently of Feedback Probability*. PLoS One.
5. Anderson, S., White-Schwoch, T., Choi, H. J., et al. (2013a). *Training changes processing of speech cues in older adults with hearing loss*. Front Syst Neurosci, 7, 97.
6. Anderson, S., White-Schwoch, T., Parbery-Clark, A., et al. (2013b). *Reversal of age-related neural timing delays with training*. Proc Natl Acad Sci U S A, 110, 4357–4362.
7. Barcroft, J., Spehar, B., Tye-Murray, N., et al. (2016). *Task- and talker-specific gains in auditory training*. J Speech Lang Hear Res, 59, 862–870.
8. Ferguson, M. A., Henshaw, H., Clark, D. P., et al. (2014). *Benefits of phoneme discrimination training in a randomized controlled trial of 50- to 74-year-olds with mild hearing loss*. Ear Hear, 35, e110–e121.
9. Kuchinsky, S. E., Ahlstrom, J. B., Cute, S. L., et al. (2014). *Speech-perception training for older adults with hearing loss impacts word recognition and effort*. Psychophysiology, 51, 1046–1057.
10. Henshaw H, Ferguson MA (2013). *Efficacy of individual computer-based auditory training for people with hearing loss: a systematic review of the evidence*. PLoS One. 2013 May 10;8(5).
11. Humes, L. E., Kinney, D. L., Brown, S. E., et al. (2014). *The effects of dosage and duration of auditory training for older adults with hearing impairment*. J Acoust Soc Am, 136, EL224.
12. Karawani, H., Bitan, T., Attias, J., et al. (2015). *Auditory perceptual learning in adults with and without age-related hearing loss*. Front Psychol, 6, 2066.
13. Morais, A. A., Rocha-Muniz, C. N., Schochat, E. (2015). *Efficacy of auditory training in elderly subjects*. Front Aging Neurosci, 7, 78.
14. Olson, A. D., Preminger, J. E., Shinn, J. B. (2013). *The effect of LACE DVD training in new and experienced hearing aid users*. J Am Acad Audiol, 24, 214–230.
15. Rao, A., Rishiq, D., Yu, L., et al. (2017). *Neural correlates of selective attention with hearing aid use followed by ReadMyQuips Auditory Training Program*. Ear Hear, 38, 28–41.
16. Rishiq, D., Rao, A., Koerner, T., et al. (2016). *Can a commercially available auditory training program improve audiovisual speech performance?* Am J Audiol, 25, 308–312.
17. Saunders, G. H., Smith, S. L., Chisolm, T. H., et al. (2016). *A randomized control trial: Supplementing hearing aid use with Listening and Communication Enhancement (LACE) auditory training*. Ear Hear, 37, 381–396.
18. Stropahl M, Besser J, Launer S. *Auditory Training Supports Auditory Rehabilitation: A State-of-the-Art Review*. Ear Hear. 2019 Oct 14.
19. Yu, J., Jeon, H., Song, C., et al. (2017). *Speech perception enhancement in elderly hearing aid users using an auditory training program for mobile devices*. Geriatr Gerontol Int, 17, 61–68.

OTICON | Opn S

life-changing
technology

La première aide auditive qui aide le cerveau à organiser les sons

Une nouvelle recherche révolutionnaire
qui s'appuie sur l'EEG



Prodipon S.A.S., Parc des Barbannières, 3 allée des Barbannières, 92635 GENNEVILLIERS CEDEX
SIREN 3011689790 R.C.S. NANTERRE

Grâce à de nouvelles recherches innovantes par EEG, Oticon prouve que les aides auditives Oticon Opn S™ aident les malentendants* à développer **une expérience sonore plus naturelle** et créent des **conditions nettement plus favorables au suivi des conversations**, même lorsque les locuteurs sont nombreux dans un environnement bruyant.

Life-changing technology signifie Des technologies qui changent la vie.

www.oticon.fr

* pour les personnes présentant une perte auditive non complexe légère à modérée



oticon
life-changing technology



■ Oticon Opn S

La première aide auditive qui aide le cerveau à organiser les sons

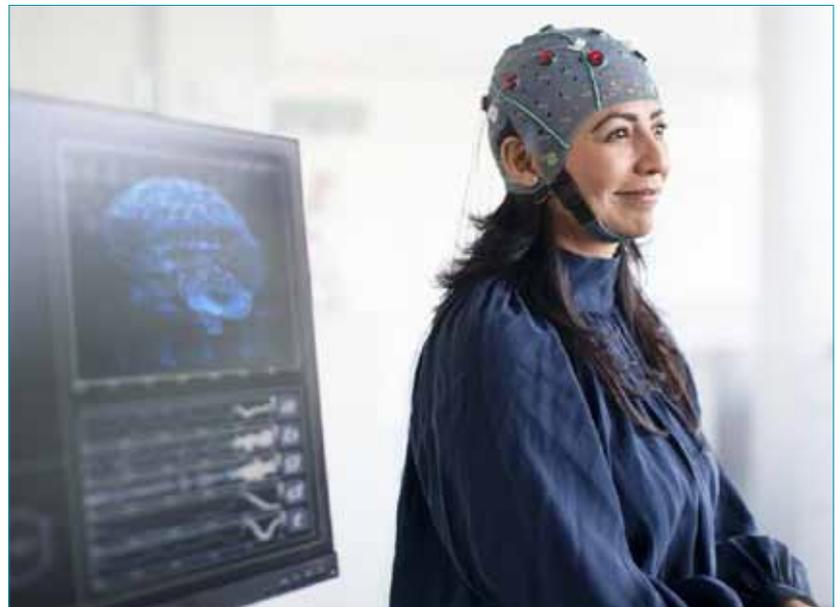
Une nouvelle recherche révolutionnaire qui s'appuie sur l'EEG

Souffrir d'une perte auditive accroît la difficulté à entendre et organiser les sons

La perte auditive accroît la difficulté à entendre, comprendre et organiser les sons, en particulier dans les environnements bruyants. La parole est brouillée. Ainsi, intégrer ou participer à une situation sociale animée peut parfois donner l'impression d'une difficulté insurmontable. Il faut faire beaucoup d'efforts pour comprendre ce que les personnes disent et c'est encore plus difficile lorsque plusieurs personnes parlent en même temps.

Notre cerveau est doté d'une capacité naturelle à organiser et hiérarchiser les sons, il s'agit de l'« attention sélective ». Cette capacité est cruciale pour l'interaction sociale. Tandis que l'on se focalise sur notre interlocuteur, l'attention sélective nous permet de surveiller notre environnement, capter d'autres sons et nous concentrer sur autre chose si nécessaire.

Lorsque l'on souffre d'une perte auditive, la capacité du cerveau à utiliser l'attention sélective est dégradée. Cela déclenche toute une série d'événements négatifs qui rendent la communication difficile et qui peuvent, au bout du compte, affecter la qualité de vie.



Une nouvelle méthode basée sur l'EEG mesure la façon dont le cerveau organise les sons

Grâce à une avancée majeure dans les méthodes de recherche, des spécialistes de l'audition indépendants ont pu mesurer la capacité d'attention sélective à l'intérieur du cerveau d'une personne équipée avec des Oticon Opn S :

- Le test a été mené à l'aide d'un nouveau protocole basé sur l'EEG développé avec d'éminents chercheurs indépendants spécialisés dans l'audition*. Des électrodes ont été placées sur la tête des sujets pour mesurer le niveau d'activité cérébrale en réponse à la parole et au bruit.
- Les électrodes mesuraient l'efficacité avec laquelle les sons étaient représentés et organisés dans le cerveau lorsque les sujets portaient Opn S avec OpenSound Navigator activé et désactivé.

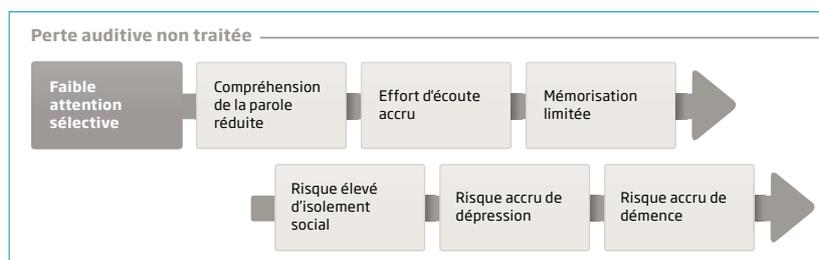
- Le protocole du test a été conçu pour reproduire une conversation réelle dans un environnement bruyant (+3 dB RSB) : un interlocuteur principal sur qui se concentrer, un interlocuteur secondaire à ignorer et un brouhaha en bruit de fond à éliminer.

* Pour de plus amples informations, consultez : "A Tutorial on Auditory Attention Identification Methods" *Frontiers in Neuroscience*, March 2019 - Emina Alickovic, Thomas Lunner, Fredrik Gustafsson, Lennart Ljung

Résultat : Oticon Opn S est la première aide auditive qui améliore l'attention sélective...

OpenSound Navigator est unique, il rend les sources sonores plus claires et plus distinctes. Par conséquent, les sons sont mieux organisés dans le cerveau en lui permettant ainsi de choisir la voix à écouter et de se concentrer sur autre chose si nécessaire :

- **Les signaux de parole** des deux interlocuteurs sont améliorés : ceux de l'interlocuteur principal bénéficient d'une augmentation de 10 % et ceux de l'interlocuteur secondaire de 95 %. Cela permet de comprendre plus facilement l'interlocuteur principal et de se concentrer sur l'interlocuteur secondaire si nécessaire.



Source : Amieva et al. 2015. Lin et al. 2011



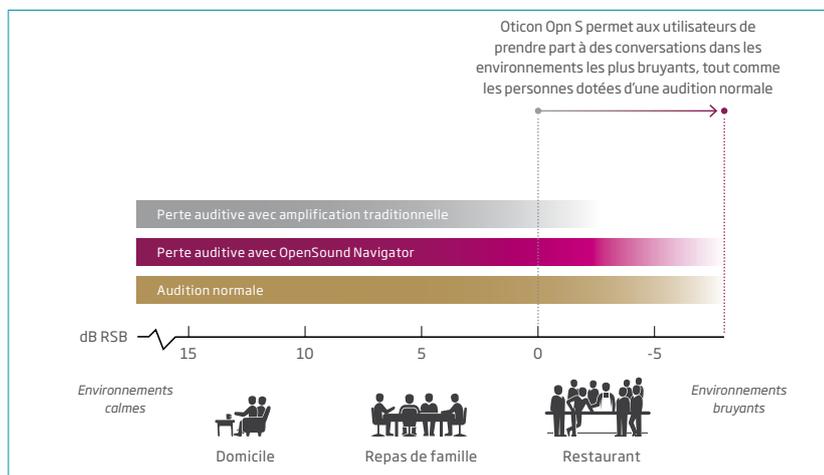
- **Le brouhaha en bruit de fond** est réduit de 50 %, ce qui permet aux signaux de parole de se distinguer et facilite l'écoute.

... et qui permet aux utilisateurs de participer à la vie sociale comme les normo-entendants

Même avec une bonne amplification, il est souvent trop fatigant de suivre des

conversations lorsque le niveau de bruit devient légèrement plus élevé que le signal de parole. Cela pousse souvent les utilisateurs d'aides auditives à se mettre en retrait. Grâce à une amélioration de la compréhension de la parole et à une réduction de l'effort d'écoute, Opn S permet à vos clients de prendre part aux conversations dans les environnements les plus bruyants. Oticon Opn S offre :

- **Une meilleure compréhension de la parole** : OpenSound Navigator fournit une compréhension de la parole équivalente



à celle des normo-entendants dans les environnements bruyants*.

- **Une réduction de l'effort d'écoute** : avec OpenSound Navigator, l'effort d'écoute est significativement réduit - cela permet de rester plus facilement impliqué dans la conversation**.

- **Une meilleure capacité à participer** : grâce à l'amélioration de la compréhension de la parole et à la réduction de l'effort d'écoute, les utilisateurs d'Opn S peuvent profiter de situations qu'au paravant ils évitaient. Les recherches démontrent que les utilisateurs d'Opn S peuvent même participer à des activités sociales où le bruit prédomine sur le signal de parole, tout comme les personnes dotées d'une audition normale**.

* Juul Jensen 2018, Livre blanc Oticon

** Le Goff et al. 2016, Livre blanc Oticon



Oticon Opn S vous ouvre à toutes les conversations

Contrairement aux aides auditives traditionnelles, il a été démontré qu'Oticon Opn S avec l'approche audiolologique BrainHearing des technologies, améliore la compréhension de la parole, réduit l'effort d'écoute et renforce la mémorisation – en offrant ainsi un accès exceptionnel aux sons*.

Aujourd'hui, les dernières recherches présentées dans ce document démontrent qu'Oticon Opn S permet également au cerveau d'organiser les sons naturellement. En fournissant au cerveau de meilleures conditions pour sélectionner et supprimer naturellement les sons, Opn S améliore l'attention sélective de vos patients. Cela ajoute une toute nouvelle dimension révolutionnaire à la façon dont notre approche BrainHearing aide le cerveau à interpréter les sons.



Grâce à tous ces bénéfices, Opn S et son approche audiolologique unique aide les personnes à surmonter enfin la difficulté majeure qu'ils rencontrent trop souvent lorsqu'ils sont équipés d'aides auditives traditionnelles : réussir à participer à une situation sociale animée en permettant d'utiliser son attention sélective selon ses choix. Ainsi, Opn S transforme une réaction en chaîne négative, en une réaction en chaîne positive

Oticon Opn S est la seule aide auditive à avoir prouvé scientifiquement qu'elle aide le cerveau à organiser naturellement les sons

Aides auditives traditionnelles dans les environnements bruyants :

- Appliquent une directivité pour se focaliser sur la personne située en face mais suppriment tous les autres sons
- Fournissent une amplification irrégulière en raison des réductions de gain visant à traiter le Larsen
- Utilisent une réduction du bruit imprécise et à faible réactivité qui compromet la qualité sonore et la compréhension de la parole

Dans les environnements bruyants, les aides auditives traditionnelles aident l'utilisateur à comprendre la personne qui se situe en face, uniquement.

Cela ne permet pas au cerveau d'organiser les sons et de se concentrer sur autre chose lors d'une conversation avec plusieurs personnes.



Oticon Opn S avec la technologie BrainHearing™ :

- Donne accès au son à 360° et aux sources de parole pertinentes, même dans les environnements bruyants – à l'aide d'OpenSound Navigator™
- Assure un gain optimal en agissant de façon proactive et très efficace sur l'effet Larsen – grâce à OpenSound Optimizer™

- Applique une réduction du bruit rapide, précise et efficace qui permet de faire émerger la parole – grâce à Velox S™

Dans les environnements bruyants, Opn S surpasse les technologies traditionnelles en permettant l'accès à toutes les sources de parole, et en améliorant la compréhension de la parole lors d'une conversation à plusieurs interlocuteurs*.

Opn S aide le cerveau à organiser naturellement les sons et crée les conditions idéales pour suivre des conversations avec de multiples interlocuteurs*.

*LeGoff & Beck 2017, Livre blanc Oticon

Pour de plus amples informations sur Oticon Opn S, rendez-vous sur : www.oticon.fr/opn-s ou contactez votre représentant commercial





PHONAK

life is on

Le Bluetooth Classic pour les aides auditives ? Heureusement, nos ingénieurs n'ont pas entendu dire que c'était impossible !

Introduction

Phonak a récemment franchi une étape novatrice. Phonak est le premier fabricant d'aides auditives à utiliser avec succès la technologie Bluetooth® Classic de fréquence 2,4 GHz universellement disponible pour connecter directement les aides auditives à des appareils de tous les jours (par exemple, iOS®, Android™ et autres smartphones, téléviseurs, ordinateurs, systèmes stéréo, tablettes, etc.) pour la diffusion audio (musique et appels téléphoniques). D'autres aides auditives à connectivité directe utilisent la technologie propriétaire Apple® Bluetooth Low Energy (LEA) pour la connectivité Made for iPhone® (MFi). Cette technologie ne peut être utilisée que par iPhone® et iPad®. Cela empêche les clients utilisant des téléphones avec d'autres systèmes d'exploitation de permettre une diffusion audio directement vers leurs aides auditives.

Marvel par Phonak est la dernière génération d'aides auditives à connectivité directe qui diffusent l'audio et les appels téléphoniques de manière binaurale, mais qui offrent également une journée complète d'autonomie grâce à une batterie lithium-ion. La faible consommation d'énergie de la puce SWORD™ (puce radio numérique sans fil de Sonova) 3e génération permet cette autonomie. Cette minuscule puce sans fil dispose d'une sensibilité radio améliorée, lui permettant de gérer les demandes d'énergie du Bluetooth Classic. Elle réduit la consommation d'énergie tout en maintenant une distance et une stabilité de liaison excellentes. Afin de surmonter la limitation Bluetooth liée à la possibilité de diffuser en continu sur une oreille uniquement, un algorithme dédié

a été développé. Cet algorithme étend les capacités Bluetooth pour permettre la diffusion en continu sur les deux oreilles.

Qu'est-ce que le Bluetooth ?

Dans l'industrie des aides auditives, deux principaux protocoles Bluetooth existent : le Bluetooth Classic et le Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE).

Bluetooth Classic

Le Bluetooth Classic est un protocole de communication radio à courte longueur d'onde qui respecte les normes de fréquences internationales, réservées aux équipements industriels, scientifiques et médicaux (ISM).

Opérant au sein de la bande de fréquences radio des 2,4 GHz, le Bluetooth Classic constitue la norme sans fil libre de référence dans le monde entier pour l'échange de diffusion audio continue (comme les transferts de signal vocal ou musical) à distance entre deux appareils jumelés, comme des téléphones portables, des casques audio, des chaînes stéréo. Le Bluetooth Classic offre aux clients l'avantage, par rapport au Bluetooth LE, d'utiliser le profil de distribution audio avancée (A2DP) pour la diffusion audio à partir de tous les périphériques Bluetooth et prend en charge les appels téléphoniques mains-libres grâce au profil mains libres (HFP). En réalité, le Bluetooth Classic est tellement répandu que même les appareils de diffusion en continu Bluetooth Apple, comme les Apple AirPods®, l'utilisent à la place de leur solution propriétaire.

Bluetooth LE

Comme le Bluetooth Classic, le Bluetooth LE exploite la bande de fréquences radio des 2,4 GHz. Il a été conçu pour consommer moins d'énergie pour le contrôle de données tout en gardant une portée de communication similaire (jusqu'à 100 m/330 pi) en champ libre. Le Bluetooth LE a été créé par Nokia en 2006 et portait à l'origine le nom de Wibree. Il a été intégré au standard Bluetooth en 2010, avec l'adoption du Bluetooth v4.0. Il est idéal pour les applications qui n'impliquent que des échanges périodiques de faibles quantités de données. Même s'il consomme moins d'énergie que le Bluetooth Classic pour les petites quantités de données, il n'a pas été conçu pour une diffusion de données

en continu. Apple a développé une version modifiée du Bluetooth LE, utilisé dans le protocole MFi des aides auditives. Cette nouvelle version permet une pleine capacité de la diffusion audio directement de l'iPhone aux aides auditives, mais sans l'option d'appels téléphoniques mains-libres.

L'enjeu d'intégrer le Bluetooth Classic aux aides auditives

Lorsque le Bluetooth Classic est intégré aux aides auditives, il existe deux principaux enjeux à surmonter. Ces défis étaient considérés comme insurmontables. Les autres fabricants d'aides auditives choisissent ainsi d'utiliser la technologie propriétaire Bluetooth LE d'Apple.

1. Consommation d'énergie

Le Bluetooth Classic est souvent considéré comme « trop gourmand en énergie ». Il a été réduit à une simple technologie de diffusion audio par les autres fabricants d'aides auditives, car les puces disponibles consomment beaucoup plus d'énergie que la technologie Made for iPhone. Le matériel nécessaire pour une transmission Bluetooth peut être conçu pour s'intégrer aux aides auditives. Cependant, une puissance requise mal réglée peut limiter la durée de vie de la pile zinc-air à un niveau insuffisant.

2. Diffusion aux deux oreilles

Le Bluetooth Classic offre une diffusion stable, une diffusion audio stéréo de haute qualité, mais ne prend en charge qu'une seule connexion pour la diffusion. Pour une diffusion audio binaurale, deux connexions sont nécessaires. Des raccourcis propriétaires spécifiques doivent donc être développés. Une mise en place incorrecte peut entraîner un déséquilibre significatif de la consommation d'énergie. Ce défaut peut être constaté lors de la diffusion de musique avec l'A2DP.

Relever le défi du Bluetooth avec SWORD

En résolvant les enjeux du Bluetooth Classic liés à la consommation de la pile et à la diffusion binaurale de musique et d'appels téléphoniques, Phonak a développé SWORD : une puce sans fil qui utilise le Bluetooth Classic et qui surmonte



les limitations de la durée de vie de la pile et de la diffusion audio.

1. Miniaturisation de la puce sans fil

En 1965, Gordon Moore a observé que « la vitesse du processeur, ou la puissance de traitement globale des ordinateurs, doublera tous les deux ans ». Cette déclaration empirique est connue sous le nom de « loi de Moore » et peut également s'appliquer à la technologie des aides auditives numériques sans fil. La miniaturisation de la technologie est l'une des clés du déverrouillage de la connectivité sans fil universelle et des algorithmes complexes sans augmenter la consommation d'énergie. Plus la taille du transistor est petite, plus il est possible d'ajouter des transistors avec des fonctionnalités plus sophistiquées sans augmenter la consommation de la pile.

Phonak a développé SWORD, une puce minuscule à faible consommation d'énergie. La structure comporte 42 millions de transistors positionnés sur une puce de 6,8 mm². En utilisant la technologie CMOS 40 nm, SWORD est la seule puce sans fil capable de combiner une puce radio avec une antenne pour alimenter toutes les applications. Cette technologie est actuellement l'une des solutions les moins énergivores pour les applications des aides auditives. Elle offre davantage de flexibilité pour les applications sans fil sophistiquées telles que la diffusion audio binaurale via le Bluetooth Classic, mais également pour les liaisons audio propriétaires pour la diffusion d'oreille à oreille, offrant des fonctions uniques telles que la Technologie Binaurale VoiceStream™. Ces connexions utilisent la même antenne, permettant ainsi la réduction de la taille des aides auditives. La diffusion audio binaurale est optimisée pour les appareils externes utilisant une extension du Bluetooth Classic. SWORD bénéficie d'une robustesse accrue pour une connexion Bluetooth plus stable grâce à une nouvelle conception d'antenne sans fil. Cette antenne a été optimisée pour les performances d'oreille à oreille et non corporelles, et permet une transmission audio autour de la tête.

La figure 1 illustre l'étalonnage de SWORD par rapport à d'autres technologies de puces sans fil similaires, présentes dans les écouteurs sans fil grand public et les aides auditives MFi de 2,4 GHz d'autres fabricants. (Figure 1)

	SWORD™	Écouteurs sans fil grand public	Aides auditives MFi de 2,4 GHz d'autres fabricants
Taille en mm	1,9 x 3,58 mm	3,23 x 4,42 mm	2,7 x 2,9 mm
Surface en mm ²	6,8 mm ²	14,3 mm ²	7,83 mm ²
Technologie	40 nm	65 nm	65 nm
Consommation courante			
Protocoles	Bluetooth classique Bluetooth LE Roger™ Media/television TBVS™	Bluetooth classique Bluetooth LE	Bluetooth LE LEA (MFi)

Figure 1 : Comparaison de la puce SWORD avec d'autres solutions Bluetooth. SWORD est de loin la meilleure de sa catégorie en termes de taille, de surface, de petite technologie, de consommation courante et de nombre de protocoles.



Figure 2 : Les multiples protocoles intégrés à la puce SWORD.

Sword dépasse de loin les écouteurs sans fil grand public et les aides auditives MFi en ce qui concerne la taille de la puce et la technologie. Il s'agit de la seule puce capable d'utiliser simultanément plusieurs protocoles tels que le Bluetooth Classic, le Bluetooth LE et plusieurs protocoles propriétaires. La consommation courante de SWORD est comparable à celle des aides auditives MFi concurrentes, mais elle de loin bien meilleure que celle des écouteurs sans fil grand public.

2. Sensibilité radio et conception de l'antenne

Afin d'optimiser davantage la consommation d'énergie, la sensibilité de la puce radio et de son antenne est également importante. Une antenne radio performante permet de réduire la consommation d'énergie, en particulier du côté de l'émetteur, sans réduire la distance et la stabilité de la liaison. Puisque le corps humain absorbe les 2,4 GHz, il est très difficile pour le signal

de se déplacer autour du corps. Les aides auditives reposaient à l'origine sur une liaison inductive nécessitant la duplication de la radio et de l'antenne. SWORD a été conçue pour fournir une sensibilité permettant une transmission audio binaurale. L'antenne radio de SWORD a été conçue et optimisée pour permettre la transmission en continu de signaux audio externes stables ainsi que la communication autour de la tête. Elle a l'avantage de ne pas être sensible à la proximité du corps et ne souffre donc pas d'une performance dégradée lorsqu'elle est portée à l'oreille. De plus, l'expérience collective, obtenue lors de l'introduction de la technologie Roger™ en 2013, a également été très utile lors du développement de l'antenne radio.

Gestion de l'alimentation et consommation de la pile

Sans les améliorations mentionnées ci-dessus, l'intégration du Bluetooth Classic entraînerait, en effet, des



inconvénients importants en termes de consommation d'énergie. Les aides auditives MFi utilisent donc l'application propriétaire Apple Bluetooth LE (LEA). Grâce à ces protocoles, les aides auditives peuvent prendre en charge deux connexions pour la diffusion audio binaurale. Les inconvénients de ces solutions sont la connectivité limitée aux iPhone et iPad d'Apple, l'absence d'appels téléphoniques mains libres et l'absence de connectivité vers d'autres périphériques tels que les ordinateurs Apple.

SWORD a été conçue pour une faible consommation d'énergie. Son système de gestion de l'énergie comprend des convertisseurs de tension qui minimisent le courant consommé par les aides auditives Phonak lors de l'utilisation optimale du Bluetooth Classic, sans induire une consommation courante importante ou un épuisement de la pile. Ce nouveau système de gestion de l'alimentation garantit aux clients une autonomie comparable à celle de la pile des aides auditives lors de la diffusion de musique ou d'appels téléphoniques par rapport aux aides auditives MFi.

Les figures 3 et 4 présentent une comparaison des courants de crête et moyen lors de la diffusion audio et d'appels téléphoniques, pour les aides auditives Marvel et les aides auditives MFi Receiver In Canal (RIC) concurrentes. Le courant de crête indique le courant consommé lorsque la radio est allumée et indique l'efficacité de la puce. Pour les piles zinc-air, le courant de crête est important, car ces piles ne peuvent absorber qu'une quantité limitée d'air pour produire de l'électricité et ne peuvent donc fournir

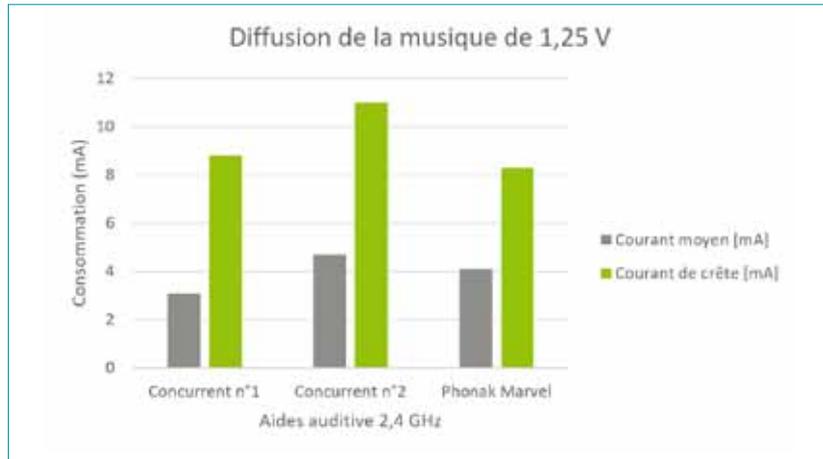


Figure 3 : Comparaison du courant de crête et du courant moyen de la diffusion de musique à partir d'aides auditives RIC utilisant la technologie de fréquence 2,4 GHz. Pour des résultats comparables, les mesures ont été effectuées sans écouteur.

qu'un certain courant maximal. Si cette quantité est dépassée (ce qui dépend de la pile [10, 312, 13, 675]), la tension de la pile diminue et l'aide auditive s'arrête, du moins temporairement. Cet effet est appelé « manque d'oxygène », car la pile ne s'oxygène plus suffisamment. L'effet devient plus prononcé vers la fin de vie de la pile et peut mettre fin prématurément à la vie d'une pile zinc-air, même si elle a toujours la capacité de délivrer des courants plus faibles. L'objectif est de réduire la consommation du courant de crête dans un appareil. Les batteries lithium-ion rechargeables ne sont pas concernées, car elles peuvent fournir des courants de crête beaucoup plus élevés et ne nécessitent pas d'air.

Outre l'effet de manque d'oxygène, chaque pile dispose d'une certaine capacité. La pile peut également durer plus longtemps

si les aides auditives absorbent un courant moyen inférieur.

Lors de la diffusion de musique et d'appels téléphoniques, les radios Bluetooth Classic et Bluetooth LE sont activées et désactivées à intervalles réguliers. Cette action se traduit par une consommation de courant moyen inférieure. Cet effet est évidemment pertinent pour tous les types de piles, zinc-air ou lithium-ion.

Les graphiques (figures 3 et 4) montrent que SWORD est capable d'utiliser le Bluetooth Classic pour diffuser de l'audio dans des aides auditives sans subir de consommation de courant de crête (et de courant moyen) élevée. Lors de l'utilisation du Bluetooth Classic pour la diffusion, les réponses du courant de crête et du courant moyen de SWORD sont très proches des deux aides auditives MFi qui utilisent le Bluetooth LE à faible consommation d'énergie pour économiser de l'énergie. L'argument contre l'utilisation du Bluetooth Classic est alors réfuté pour la diffusion audio ou d'appels téléphoniques dans les aides auditives.

Notre expérience des solutions rechargeables lithium-ion et l'analyse des données de performance à long terme nous ont permis d'optimiser davantage la solution rechargeable de 2e génération. Sur la base d'une analyse interne des données, 98 % des utilisateurs de Phonak Audéo™ B-R utilisent leurs aides auditives rechargeables moins de 17 heures par jour. La durée moyenne d'utilisation est de 10,4 heures par jour. À l'aide de ces informations, Phonak a défini la durée de vie de la batterie des aides auditives rechargeables comme étant une utilisation de 16 heures par jour, soit :

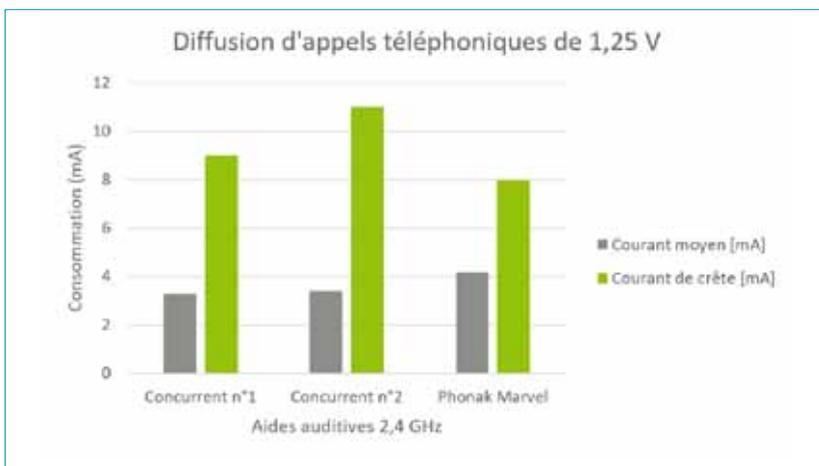


Figure 4 : Comparaison du courant de crête et du courant moyen de la diffusion d'appels téléphoniques à partir d'aides auditives RIC utilisant la technologie de fréquence 2,4 GHz. Pour des résultats comparables, les mesures ont été effectuées sans écouteur.



- 8 heures avec AutoSense OST™ 3.0 et la Technologie Binaurale VoiceStream™ (50 %) ;
- 4 heures de diffusion Bluetooth, d'appels téléphoniques (HFP) et de ressources multimédias (A2DP) (25 %) ;
- 4 heures avec l'utilisation du téléviseur à l'aide du TV Connector (technologie AirStream™) (25 %).

La figure 5 montre que la consommation de la batterie calculée est basée sur des tests préliminaires, menés par Phonak grâce à la préproduction d'Audéo Marvel. La durée de vie de la batterie varie en fonction de son utilisation, de sa configuration et d'autres facteurs ; les résultats réels varieront.

La séquence de test comprend une stimulation acoustique avec 16 heures en mode « marche » /jour. Le test comprend plusieurs séquences de diffusion activées automatiquement avec un total de 8 heures d'autonomie de diffusion sans fil. Les aides auditives étaient réglées avec une perte auditive typique sévère à profonde (N5) et des écouteurs P. Le niveau sonore moyen dans la boîte est compris entre 65 et 75 dB (variation de l'environnement de bureau légère/modérée, de la circulation intense/forte et de l'environnement d'un restaurant). Ce test comporte une extension pour l'enregistrement audio des sorties des écouteurs afin d'enregistrer les signaux d'avertissement et de notification.

En utilisant les mêmes conditions que celles énumérées ci-dessus, les aides auditives Audéo Marvel dotées d'une pile zinc-air de taille 13 procurent 100 heures de plaisir d'écoute, y compris la diffusion.

En comparant les aides auditives Audéo Marvel rechargeables aux écouteurs sans fil, tous deux utilisant des batteries rechargeables au lithium-ion, les appareils auditifs Audéo Marvel peuvent être utilisés pendant 11 heures d'appels téléphoniques ou de diffusion musicale. Tandis que les écouteurs sans fil, qui utilisent également le Bluetooth Classic, permettent seulement 5 heures d'écoute et 2 heures de conversation pour une seule charge.

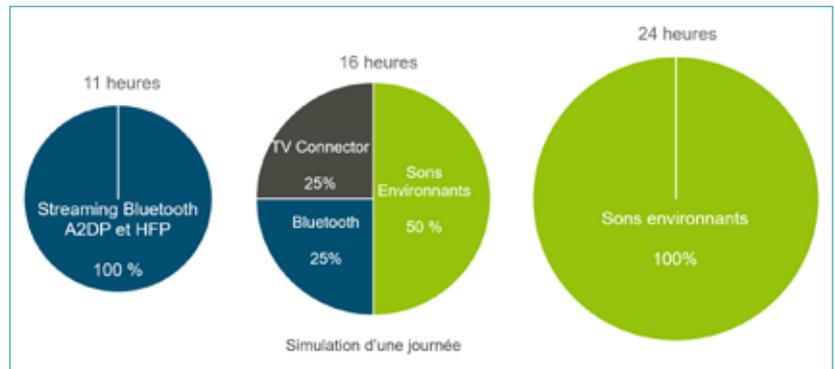


Figure 5 : Consommation de la batterie calculée lors de l'utilisation des aides auditives Audéo Marvel pour la diffusion audio uniquement, l'écoute acoustique et la diffusion audio, et l'écoute acoustique uniquement.

Aide auditive	Durée de vie de la pile
Audéo M-R	1 jour/> 16 heures
Audéo M-312T	60 heures
Audéo M-13T	100 heures

Figure 6 : Durée moyenne de la pile des aides auditives Phonak Audéo Marvel utilisant des batteries rechargeables, des piles 312 zinc-air et des piles 13 zinc-air.

Conclusion

Phonak a réalisé une avancée grâce à la technologie SWORD utilisant le Bluetooth Classic. En miniaturisant la puce sans fil, ainsi qu'en améliorant la sensibilité radio et la conception de l'antenne, seul Phonak est en mesure d'exploiter les avantages de l'utilisation du Bluetooth Classic pour une diffusion audio et d'appels téléphoniques mains libres vers des appareils auditifs, sans compromettre la consommation d'énergie. Ces avancées ont été possibles grâce à SWORD et à sa technologie de puce 40 nm très efficace et économe en énergie.

Les aides auditives Phonak de dernière génération sont capables d'utiliser plusieurs protocoles, notamment :

- le Bluetooth Classic pour une connectivité téléphonique binaurale et une diffusion de musique ;
- le Bluetooth LE pour les télécommandes et l'appareillage des aides auditives sans fil ;

- les protocoles propriétaires pour la connexion à la technologie Roger, la diffusion à partir du TV Connector et l'échange binaural de données et d'audio d'oreille à oreille avec la Technologie Binaurale VoiceStream.

Tout cela est possible avec une consommation de pile similaire ou meilleure que celle de certains appareils auditifs MFi qui utilisent un protocole propriétaire Bluetooth LE et ne peuvent diffuser que directement sur un appareil iPhone ou iPad.

Grâce à la part de marché mondiale élevée des smartphones Android et iOS, SWORD peut se connecter à une majorité d'appareils et offre aux clients une journée complète de diffusion de musique binaurale et d'appels téléphoniques sans se soucier de la consommation de la pile.

Plus d'informations sur www.phonakpro.fr/etudes :

-Phonak Insight I Le Bluetooth Classic pour les aides auditives ? Heureusement, nos ingénieurs n'ont pas entendu dire que c'était impossible!



ReSound GN

Aux personnes souffrant de perte auditive sévère à profonde, ReSound ENZO Q™ apporte bien plus que de la puissance.

Jennifer Groth, MA

En résumé

ReSound ENZO Q s'inscrit parfaitement dans l'engagement pris par ReSound d'offrir la technologie la plus avancée et de le prouver en s'appuyant sur des tests cliniques. Ces derniers ont été réalisés avec des personnes souffrant d'une perte auditive sévère à profonde qui sont les plus dépendantes de l'amplification. La flexibilité d'adaptation, la gamme d'options de connectivité, les possibilités de personnalisation, les services en ligne pour une assistance améliorée de la part de leur audioprothésiste (ReSound Assist) et la compatibilité avec les systèmes d'implants Cochlear™, sont inégalés parmi toutes les autres aides auditives adaptées aux pertes auditives sévères à profondes.

La plupart des personnes atteintes d'une perte auditive sévère à profonde utilisent l'amplification comme partie intégrante de leur vie quotidienne et exigent des performances fiables, continues et de haute qualité de la part de leurs aides auditives. De façon incongrue, la technologie des aides auditives pour ce groupe d'utilisateurs est traditionnellement en retard sur ce qui est disponible dans les produits moins puissants. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'ils représentent la plus faible proportion de candidats aux aides auditives. Un diktat économique que ReSound a bouleversé avec la famille d'aides auditives ReSound ENZO. Pour la première fois, la technologie et les solutions de connectivité les plus avancées ont été mises à la disposition de ceux qui en bénéficiaient le plus. ReSound ENZO Q poursuit cette lancée : c'est une aide auditive fiable qui donne accès à un son clair, confortable, de haute qualité ainsi qu'à des options de connectivité et de personnalisation très récentes.

Les personnes atteintes d'une perte auditive sévère à profonde entendent leur monde entier uniquement à travers les aides auditives et dépendent fortement

d'elles pour leur vie quotidienne. ReSound ENZO Q repose sur la plateforme technologique la plus avancée de ReSound et leur permet un accès à tous les sons de leur environnement, même les conversations dans des conditions bruyantes. Les sons sont maintenus à des niveaux confortables mais il est aussi possible, facilement, de gérer le son des aides auditives en autonomie. De plus, les utilisateurs de ReSound ENZO Q peuvent se connecter facilement aux technologies grand public d'aujourd'hui.

Audibilité

La fonction la plus essentielle de toute aide auditive est d'amplifier le signal utile de l'environnement à un niveau où l'utilisateur peut l'entendre. Cela implique que les niveaux doivent être plus élevés que les seuils liminaires de l'utilisateur. Mais à quel point ? La dynamique résiduelle dans laquelle le son amplifié doit s'intégrer sans être inconfortablement fort est généralement assez petite pour une perte auditive sévère ou profonde. Les règles de pré-réglage prescrivent des gains dépendant de la fréquence et du niveau d'entrée en fonction de la moyenne de la dynamique, du volume et des préférences des personnes ayant un audiogramme particulier. De nombreux pré-réglages fournissent un bon point de départ pour un appareillage, mais les utilisateurs atteints d'une perte auditive sévère à profonde ont des résultats et des préférences plus variables que ceux et celles qui sont typiques d'une perte auditive moins sévère. Les aides auditives ReSound ENZO Q permettent

donc un niveau de personnalisation sans précédent pour répondre aux besoins et aux préférences de chaque individu. Contrairement à ce que l'on constate très fréquemment, l'audioprothésiste n'est ici pas contraint par le fabricant sur la meilleure façon d'adapter. Commenant par des choix de pré-réglages et d'ajustement, l'amplification est hautement personnalisable avec des options pour une réponse plus linéaire, une augmentation de l'intensité sonore à basse fréquence, une technique de limitation de sortie et des schémas de constantes de temps. L'audioprothésiste peut donc adapter les aides auditives selon différentes stratégies et dispose d'outils pour créer le son préféré par l'utilisateur individuel. La compression de fréquence Sound Shaper donne également à l'utilisateur le potentiel d'une plus grande audibilité à haute fréquence, ce qui pourrait contribuer positivement à la qualité sonore¹ (sans perturber la compréhension de la parole²).

Étant donné que le gain nécessaire pour les personnes souffrant de déficiences auditives sévères à profondes sera dans tous les cas très élevé, le risque d'effet Larsen est également élevé. C'est la gestion des gains des sons faibles qui est à l'origine, bien souvent, des fuites acoustiques induisant l'effet Larsen. Mais dans cette situation la gestion des gains élevés est également importante pour minimiser le risque. Il est souvent bien contrôlé via l'embout personnalisé. Les voies de transmission internes (vibroacoustiques) dans les aides auditives peuvent donc être les principaux limiteurs du gain utilisable.

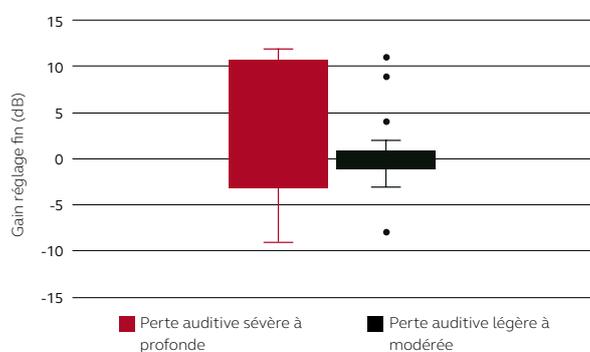


Figure 1. Le gain préféré pour les personnes souffrant de pertes auditives sévères à profondes est beaucoup plus variable que pour celles souffrant de pertes auditives moins sévères (données cliniques). Cela illustre l'importance de la flexibilité dans l'adaptation. Un système d'ajustement qui ne permet qu'une seule stratégie d'ajustement ne sera pas en mesure de répondre aux besoins et aux préférences d'autant d'utilisateurs.



Par conséquent, commençons un examen attentif du design (hardware) du ReSound ENZO Q qui partage la même conception électroacoustique que les précédents appareils de la famille ReSound ENZO et offre donc le même gain et la meilleure sortie du secteur. Les coudes utilisés sur les deux appareils sont particulièrement importants. Les forces totales agissant sur le contour d'oreille constituent généralement la composante la plus importante du Larsen vibroacoustique dans la gamme de fréquences la plus importante pour les aides auditives contour d'oreille surpuissantes (BTE)³. Les coudes pour les BTE puissants et surpuissants de la famille ReSound ENZO sont uniques en ce sens qu'ils sont fabriqués à partir de matériaux moins sensibles aux vibrations que le plastique standard utilisé pour les coudes. Le BTE puissant est doté d'un coude en métal et le coude du BTE surpuissant est fabriqué à partir d'une combinaison de plastique dur et souple. Les deux permettent un gain utilisable supplémentaire d'environ 5 dB par rapport à un coude standard.

Même avec un embout non ventilé et une conception d'appareil habile, le gain utilisable peut être limité à plus de 20 dB de moins que ce que le ReSound ENZO Q est capable de fournir sans gestion de l'effet Larsen. Par conséquent, DFS Ultra II a été repensé, offrant la meilleure gestion du Larsen à ce jour. DFS Ultra II combine deux filtres d'annulation de phase avec un algorithme de correction de gain qui prédit l'occurrence de rétroaction dans des situations dynamiques, rétablissant le gain aux niveaux souhaités avant que la rétroaction audible se produise. Le DFS Ultra II permet non seulement la quantité de gain prescrite au niveau du tympan, mais il empêche le Larsen dans les situations de la vie quotidienne sans réduire le gain en dessous de la quantité prescrite.

La figure 2 compare les performances du DFS Ultra II du ReSound ENZO Q avec celles d'un autre BTE de marque premium pour les personnes souffrant d'une perte auditive sévère à profonde. Pour mieux isoler l'effet de l'anti-Larsen plutôt que la stabilité mécanique de la conception matérielle, chaque appareil a été programmé avec un gain d'insertion plat de 20 dB et adapté à une oreille de mannequin avec un embout d'oreille non occlus. La réponse acoustique a été mesurée pour trois conditions, qui sont illustrées à la figure 2. La première

condition était sans anti-Larsen. Aucun appareil n'a montré d'effet Larsen dans cette condition. La deuxième condition était avec l'anti-Larsen actif. L'autre marque a montré une diminution du gain dans cette condition, tandis que le ReSound ENZO Q a conservé le même gain. Enfin, pour la troisième condition, une main a été tendue vers l'aide auditive. Un pic de Larsen audible a été capturé dans la mesure pour l'autre marque premium. Aucun Larsen ne s'est produit avec le ReSound ENZO Q, et le gain est resté stable tout au long de la mesure.

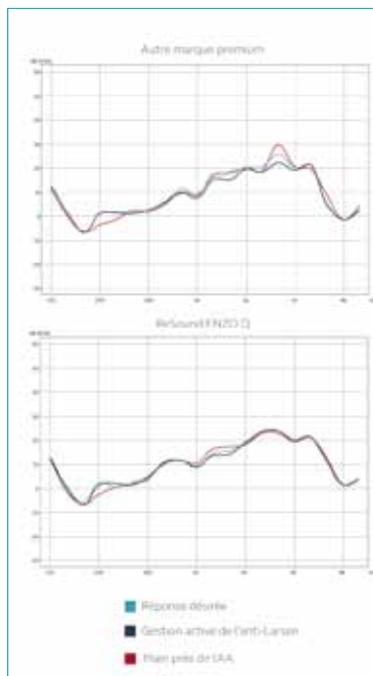


Figure 2. Effet de gestion de l'effet Larsen pour ReSound ENZO Q et un autre BTE de marque premium pour les pertes auditives sévères à profondes. Le trait bleu clair est la réponse souhaitée, le bleu foncé avec l'anti-Larsen actif et le rouge avec une main près de l'aide auditive. ReSound ENZO Q conserve la réponse souhaitée dans tous les cas. Le gestionnaire d'anti-Larsen de l'autre marque premium réduit légèrement le gain lorsqu'il est activé et n'empêche toujours pas le Larsen de se produire dans une situation dynamique.

Amélioration de la perception dans le bruit

Lorsque la perte auditive dépasse environ 45 dB HL, une plus faible discrimination de la parole et d'autres sons parasites concourent à la dégradation de la qualité sonore⁴. Cela conduit au souhait le plus fréquent de tous les utilisateurs d'aides auditives : entendre dans le bruit. La

réaction instinctive des professionnels de santé et des fabricants d'aides auditives est de penser que les microphones directionnels sont la solution, car c'est la seule technique éprouvée dans les aides auditives qui améliore la reconnaissance vocale dans le bruit. Cependant, les avantages de la directivité en laboratoire ne se sont pas traduits directement par des avantages réels et une préférence pour tout niveau de perte auditive. Pourquoi cela ? Acoustique de l'environnement d'écoute, interaction de l'auditeur avec l'environnement et disponibilité d'autres informations telles que des indices visuels ou contextuels ne sont que quelques-uns des facteurs qui rendent les choses dans des situations de la vie réelle beaucoup plus compliquées qu'en laboratoire.

ReSound a suivi une stratégie pour appliquer une directivité radicalement différente de celle des autres aides auditives haut de gamme. Plutôt que de se concentrer uniquement sur l'amélioration technique du rapport signal / bruit, une stratégie a été conçue pour prendre en charge différentes façons d'écouter dans des situations réelles. Les environnements d'écoute dans le monde réel sont infinis, complexes et dynamiques, tout comme la façon dont les gens bougent naturellement la tête, ajustent leur regard et leur position, et changent leur niveau de parole pour s'adapter aux différents environnements et atteindre leurs objectifs d'écoute et de communication. Par exemple, des études comportementales⁵ montrent comment les personnes qui parlent ensemble se penchent en avant et tournent la tête pour améliorer leur capacité à suivre la conversation à mesure que l'environnement d'écoute devient plus difficile. Ils utiliseront également des énoncés plus courts et s'adaptent à tour de rôle. Ces comportements sont également affectés par le nombre de personnes qui participent à la conversation, et peut-être aussi par des facteurs culturels et situationnels, tels que la façon dont les personnes qui parlent ensemble se connaissent.

Binaural Directionality III fournit les meilleures réponses pour soutenir trois stratégies d'écoute qui dépendent de l'environnement acoustique, des objectifs d'écoute de l'individu et d'autres facteurs intrinsèques. Parce que l'intelligence de l'aide auditive ne connaît que l'environnement acoustique, Binaural Directionality III s'assure que le mode d'écoute fourni n'interfère pas avec les



facteurs inconnus. Par exemple, lors d'une petite réunion de famille à la maison, il peut y avoir plusieurs conversations en cours. De plus, il peut y avoir un match de sport à la télévision ou de la musique. Bien que les aides auditives puissent identifier les niveaux sonores, la présence et la direction de la parole et d'autres sons, il est pour l'instant impossible de savoir à quelle conversation l'auditeur souhaite participer, ou encore s'il préfère plutôt regarder le match à la télévision ! L'approche la plus courante de la commutation automatique des modes d'écoute dicterait que les aides auditives doivent fournir le meilleur rapport signal / bruit (SNR) pour les sons à l'avant et réduire tout autre son autant que possible. Au pire, cette approche peut être complètement en contradiction avec les objectifs d'écoute de l'individu et les rendre plus difficiles à atteindre que si la fonction automatique n'était pas appliquée du tout. Ceci est soutenu par une nouvelle recherche montrant qu'un degré élevé de directivité rend plus difficile la localisation et le suivi de la parole si la source n'est pas devant l'utilisateur^{6,7}.

Binaural Directionality III fournit le son approprié à chaque oreille afin que le cerveau puisse appliquer naturellement et inconsciemment la meilleure stratégie d'écoute dans une situation donnée. Dans des situations calmes ou moins complexes où il n'y a généralement pas de sons concurrents, les auditeurs ont besoin d'audibilité et d'informations spatiales auditives pour une meilleure qualité sonore et pour s'orienter dans leur environnement. Lorsque l'environnement devient plus complexe avec plus de sons concurrents et plus de réverbération, les auditeurs commencent à utiliser l'effet « meilleure oreille » ou « attention focalisée ». Cela signifie qu'ils comptent sur l'oreille qui a la meilleure représentation de ce qu'ils veulent entendre. Pour prendre en charge ce type de stratégie d'écoute, Binaural Directionality III applique automatiquement une réponse directionnelle sur une oreille et une réponse omnidirectionnelle spécialement calibrée sur l'autre oreille. Combiné à l'effet d'ombre de la tête, il en résulte des contrastes d'informations plus importants fournis à chaque oreille et un démasquage spatial. Les auditeurs peuvent mieux se concentrer sur les sons qui sont importants pour eux. Dans des conditions de bruit diffus avec une parole détectable uniquement devant l'auditeur, maximiser le SNR pour le son qui vient d'en face est la stratégie d'écoute préférée.

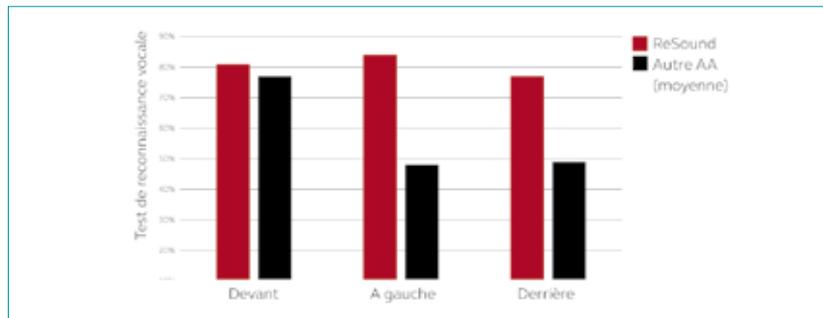


Figure 3. Résultats d'une tâche de reconnaissance vocale difficile, où les participants devaient localiser et répéter des phrases présentées simultanément dans trois directions différentes. Lorsque le discours cible était devant, les participants à l'étude ont réussi aussi bien à localiser et à comprendre le discours cible avec Binaural Directionality III que lorsqu'ils portaient des aides auditives à forte directivité. Lorsque la parole provenait de la gauche ou de l'arrière du participant, la performance avec Binaural Directionality III dépassait de loin celle des autres aides auditives¹⁵.

Pour soutenir cela, Binaural Directionality III fournira une réponse directionnelle aux deux oreilles.

Il a été démontré que la façon dont Binaural Directionality III applique la technologie de microphone directionnel améliore la facilité d'écoute par rapport au mode omnidirectionnel^{8,9,10}. De plus, il préserve mieux la conscience des sons environnants dans l'environnement que les autres stratégies de microphones directionnels tout en offrant une meilleure audition dans le bruit^{11,12,13,14,15}. Pour les personnes souffrant d'une perte auditive sévère à profonde, l'avantage directionnel pour la parole située en face a toujours été de 4 dB (correspondant à une reconnaissance vocale meilleure de 60% par rapport à un omnidirectionnel) à travers les générations de la famille ReSound ENZO et les versions de la directivité binaurale (données cliniques). Cette amélioration correspond à celle fournie par d'autres aides auditives premium utilisant des algorithmes directionnels puissants. Cependant, comme le montre la figure 3, Binaural Directionality III offre un accès considérablement meilleur aux sons qui ne sont pas en face par rapport aux autres approches. L'importance de cela peut être encore plus grande pour ceux qui ont une perte auditive sévère à profonde que pour ceux qui ont des pertes moins graves. Ricketts & Picou¹⁶ ont évalué les performances et la préférence pour les modes d'écoute Binaural Directionality III dans des conditions de laboratoire pertinentes sur le plan écologique. Ils ont signalé que la préférence pour le mode Binaural Directionality III a changé en fonction de la condition et des caractéristiques individuelles, telles que

la capacité de reconnaissance vocale et le degré de perte auditive. Les personnes ayant une perte auditive plus sévère avaient une préférence plus forte pour le mode qui prend en charge la meilleure stratégie d'écoute de l'oreille, où des paramètres de microphone directionnels asymétriques sont appliqués. Cela peut refléter une plus grande facilité perçue à surveiller l'environnement et à localiser le son qui nous intéresse tout en étant en mesure de mieux comprendre un locuteur devant lui.

Son confortable

Les porteurs d'aides auditives et les personnes ayant une audition normale ressentent de la gêne avec certains sons dans leur environnement et de l'inconfort avec des sons forts. Keidser et al¹⁷ ont rapporté que les utilisateurs d'aides auditives se plaignent des bruits transitoires, contrairement aux personnes ayant une audition normale. Ces bruits comprennent des éléments comme des couverts qui claquent, des coups de marteau, des clés tombées sur une surface dure et des froissements de papier. Les utilisateurs d'aides auditives se plaignant d'une perception de signaux inconfortables indiquent que 1/3 d'entre eux étaient de nature transitoire¹⁸. Compte tenu de la faible dynamique auditive associée à une perte auditive sévère à profonde et des niveaux élevés d'amplification appliqués dans les aides auditives, il n'est pas surprenant que les utilisateurs puissent trouver des sons impulsifs particulièrement discordants. ReSound ENZO Q ajoute une réduction du bruit impulsif pour atténuer ce problème

GN

GN Making Life Sound Better

Un partenaire de premier plan

2020

INNOVATION TECHNOLOGIQUE

BIG INNOVATION AWARD pour le streaming direct des appareils Android vers les aides auditives.

PARTENARIAT BUSINESS

Nouvelle politique commerciale, offres de services, indépendance.

PERFORMANCE PRODUITS

Solution rechargeable premium, surpissant avec le gain utile le plus élevé du marché, offre 100% santé de qualité.



Android est une marque commerciale de Google LLC. Apple, le logo Apple, iPhone, iPad et iPod touch sont des marques d'Apple Inc., déposées aux USA et dans d'autres pays. La compatibilité avec les équipements Android nécessite au minimum la version 10 d'Android et Bluetooth 5.0 et que la fonctionnalité soit activée par le fabricant du téléphone et le prestataire de services. Février 2020. 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.





et garder tous les types de sons à des niveaux confortables. Cet algorithme fournit uniquement une réduction de gain instantanée qui dépend de l'environnement, du contenu en fréquence et du niveau du bruit, et du niveau de gain programmé (voir Sjolander et al¹⁹ pour une description détaillée) pour mieux gérer les sons soudains tels que ceux mentionnés. L'objectif est de réduire le gain appliqué aux sons impulsifs d'une manière qui soit confortable pour l'utilisateur sans faire de sons anormaux ou distordus.

Capacité d'utiliser la technologie d'aujourd'hui facilement

Près de la moitié de la population souffrant d'une perte auditive sévère à profonde a moins de 65 ans²⁰. Bien que l'utilisation d'appareils comme les smartphones et les tablettes soit en forte augmentation chez les personnes âgées - le plus grand groupe d'utilisateurs d'aides auditives - elle est omniprésente chez les jeunes. Plus de 90% des adultes de moins de 50 ans sont propriétaires de smartphones et environ les trois quarts de ces 50 à 64 ans possèdent des smartphones²¹. En raison de la diversité des données démographiques de ce groupe et de l'importance de leurs pertes auditives, il est important de soutenir leur capacité à utiliser des technologies telles que les smartphones.

ReSound ENZO Q offre l'écosystème le plus complet d'options de connectivité. En commençant par la bobine téléphonique traditionnelle et les entrées audio directes. Et la gamme complète d'accessoires sans fil numériques ReSound, permettant aux utilisateurs de se connecter à pratiquement n'importe quelle source audio. Les améliorations spectaculaires du rapport signal / bruit sont bien établies avec la technologie du microphone à distance, comme le Multi Mic^{22,23}, mais

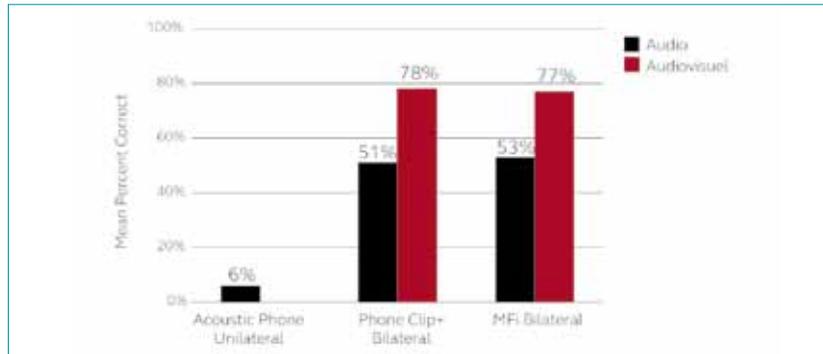


Figure 4. Comparé à l'utilisation acoustique du téléphone, le streaming bilatéral à lui seul offre plus de 45% d'avantages. En ajoutant des repères visuels via une application de chat vidéo, plus de 70% d'avantages supplémentaires sont obtenus²⁴.

la prise en charge de l'utilisation du téléphone est peut-être l'un des avantages les plus importants de la vie quotidienne.

Utiliser le téléphone

Les résultats de Jespersen & Kirkwood²⁴ illustrent pourquoi le streaming sans fil des appels téléphoniques fait une telle différence pour ceux qui ont une perte auditive sévère à profonde. Dans leur étude (voir figure 4), les participants ont obtenu une moyenne de seulement 6% sur une tâche de reconnaissance vocale où le discours a été présenté à partir d'un téléphone qui était tenu près du microphone de l'aide auditive. En revanche, une amélioration moyenne de plus de 45 % a été observée lorsque le son était diffusé bilatéralement dans les aides auditives. Cela était vrai, que le son soit diffusé directement depuis un smartphone ou via l'accessoire téléphonique ReSound Phone Clip+ Bluetooth®. Un avantage supplémentaire a résulté de l'ajout d'indices visuels. Les personnes ayant un degré de déficience auditive quelconque peuvent voir à qui elles parlent, mais celles qui subissent des pertes sévères à profondes peuvent potentiellement en bénéficier le plus. En fait, ceux qui ont des pertes très sévères

comptent autant sur les informations visuelles que sur les informations auditives pour comprendre la parole^{25,26}. Par rapport à l'utilisation unilatérale du téléphone de manière acoustique sur le microphone de l'aide auditive, il y a eu une amélioration moyenne de plus de 70% lorsque FaceTime a été utilisé et que les participants ont pu voir le visage de l'interlocuteur pendant le test. Pour les utilisateurs de ReSound ENZO Q, les applications de chat vidéo ne se limitent pas uniquement aux utilisateurs d'iPhone, car la diffusion directe depuis les smartphones Android™ est également possible. Avec le ReSound Phone Clip+, tout smartphone compatible Bluetooth peut diffuser du son vers les aides auditives ReSound ENZO Q.

Jamais un mot manqué avec le mix-in streaming

Une amélioration apportée par la nouvelle plate-forme de puce qui est particulièrement avantageuse pour les personnes souffrant de perte auditive sévère à profonde est qu'il n'est plus nécessaire de modifier les programmes d'écoute pour accéder au streaming depuis les smartphones ou via l'accessoire de téléphone sans fil Phone Clip+. Auparavant, le petit délai associé

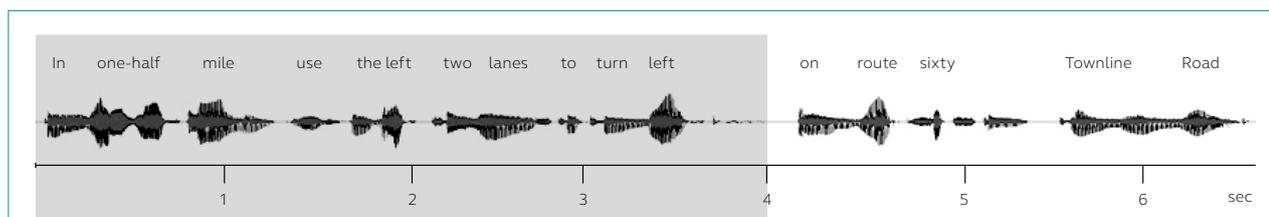


Figure 5. Sans mix-in streaming, un retard se produit de sorte que des informations importantes peuvent être manquées. Dans cet exemple, les instructions de conduite détaillées étape par étape dans la zone grisée sont transmises en continu à ReSound ENZO Q et pourraient être manquées si elles étaient transmises à une aide auditive de la plate-forme précédente.



à la modification des programmes pour accéder au streaming signifiait qu'une partie du signal n'avait peut-être pas été entendu par l'utilisateur. Ils peuvent avoir manqué le début d'une conversation téléphonique ou la première partie d'une instruction du système de navigation. Le retard du signal pouvait atteindre quatre secondes. La figure 5 utilise un exemple d'instructions de navigation étape par étape pour illustrer ce qui pourrait manquer avec un tel retard.

Plus de façons de prodiguer des soins à vos clients

Comme son prédécesseur, le ReSound ENZO Q est compatible avec ReSound Assist pour plus de soin et de commodité en dehors des visites au centre. ReSound Assist s'est avéré être un outil très pratique pour le réglage à distance asynchrone des aides auditives et fournit des résultats similaires à un réglage fin en face à face^{27,28}. ReSound Assist Live ajoute une option synchrone qui permet aux professionnels de la santé et aux clients de parler en direct sur un chat vidéo et d'ajuster les aides auditives en ligne. Un composant synchrone s'est révélé particulièrement utile pour résoudre les problèmes mineurs tels que les difficultés d'insertion et de fonctionnement des aides auditives, et les clients peuvent trouver plus facile d'expliquer leurs besoins sur un chat en direct qu'en remplissant un questionnaire et en envoyant un message²⁹.

Parfaitement compatible avec les implants cochléaires™

Les personnes ayant un implant cochléaire (IC) sur une oreille peuvent bénéficier de grands avantages avec une aide auditive sur l'oreille controlatérale. La Smart Hearing Alliance, une collaboration unique entre Cochlear™ et ReSound, facilite la fourniture d'une solution bimodale. Un avantage important de la Smart Hearing Alliance est que ReSound et Cochlear™ partagent la technologie sans fil, de sorte que les utilisateurs d'une solution bimodale peuvent diffuser directement vers leur implant Cochlear™ et leur aide auditive simultanément depuis un appareil iOS compatible, ou depuis une gamme d'accessoires sans fil 30.

En résumé

ReSound ENZO Q est la solution auditive haut de gamme complète pour les personnes souffrant d'une perte auditive sévère à profonde. Non seulement il offre un gain et une sortie de pointe mais il incarne l'engagement de ReSound d'aider les gens à mener leur vie comme ils l'entendent en leur donnant un accès complet à un son de haute qualité, en toute situation. Ils peuvent mieux entendre dans leur environnement quotidien et profiter d'une connectivité sans fil à pratiquement toutes les sources audios. Enfin, l'application ReSound Smart 3D™ avec ReSound Assist et ReSound Assist live fournit des outils uniques de personnalisation et de soins augmentés.

Références

1. Uys M, Pottas L, Dijk CV, Vinck B (2013) The Influence of Non-Linear Frequency Compression on the Perception of Timbre and Melody by Adults with a Moderate to Severe Hearing Loss. *Commun Disord Deaf Stud Hearing Aids* 1: 104. doi: 10.4172/jcdsha.1000104
2. McDermott, H., & Henshall, K. (2010). The use of frequency compression by cochlear implant recipients with postoperative acoustic hearing. *Journal of the American Academy of Audiology*, 21(6), 380-389.
3. Friis, L., Ohlrich, M., Jacobsen, F., Jensen, L. B., & Linkenkaer, M. P. (2009). Investigation of internal feedback in hearing aids (Doctoral dissertation, Ph. D. thesis, Widex A/S Acoustic Technology, DTU Elektro, Tese (Doutorado), Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, Denmark).
4. Moore BC. Perceptual consequences of cochlear hearing loss and their implications for the design of hearing aids. *Ear and hearing*. 1996 Apr 1;17(2):133-61.
5. Hadley LV, Brimjoin WO, Whitmer WM. speech, movement, and gaze behaviours during dyadic conversation in noise. *Scientific reports*. 2019 Jul 18;9(1):1-8.
6. Brimjoin WO, Whitmer WM, McShefferty D, Akeroyd MA. The effect of hearing aid microphone mode on performance in an auditory orienting task. *Ear & Hearing*. 2014; 35(5):e204-e212.
7. Best V, Mejia J, Freeston K, van Hoesel RJ, Dillon H. An evaluation of the performance of two binaural beamformers in complex and dynamic multitalker environments. *International Journal of Audiology*. 2015; 54(10): 727-735.
8. Cord MT, Walden BE, Surr RK, Dittberner AB. Field evaluation of an asymmetric directional microphone fitting. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2007 Mar 1;18(3):245-56.
9. Kim JS, Bryan MF. The effects of asymmetric directional microphone fittings on acceptance of background noise. *International Journal of Audiology*. 2011 May 1;50(5):290-6.
10. Picou EM, Ricketts TA. How directional microphones affect speech recognition, listening effort and localisation for listeners with moderate-to-severe hearing loss. *International journal of audiology*. 2017 Dec 2;56(12):909-18.
11. Bentler RA, Egge JL, Tubbs JL, Dittberner AB, Flamme GA. Quantification of directional benefit across different polar response patterns. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2004 Oct 1;15(9):649-59.

12. Hornsby BW, Ricketts TA. Effects of noise source configuration on directional benefit using symmetric and asymmetric directional hearing aid fittings. *Ear and hearing*. 2007 Apr 1;28(2):177-86.
13. Picinali L, Prosser S, Mancuso A, Vercellesi G. Speech intelligibility in virtual environments simulating an asymmetric directional microphone configuration. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2008 May;123(5):3305.
14. Cord MT, Surr RK, Walden BE, Dittberner AB. Ear asymmetries and asymmetric directional microphone hearing aid fittings. *American Journal of Audiology*. 2011.
15. Jespersen C, Kirkwood B, Groth J. Effect of directional strategy on audibility of sounds in the environment for varying hearing loss severity. *Canadian Audiologist*. 2017; 4(6). <http://canadianaudiologist.ca/issue-volume-4-issue-6-2017/directional-strategy-feature/>
16. Ricketts, T.A. & Picou, E.M. (In Preparation). Talker location interacts with directional benefit.
17. Keidser G, Convery E, Kiessling J, Bentler R. (2009). Is the hearing instrument to blame when things get really noisy. *Hearing Review*. 2009; 16:12.
18. Hernandez A, Chalupper J, Powers T. An assessment of everyday noises and their annoyance. *Hearing Review*. 2006;13-20.
19. Sjolander L, Quilter M, Groth J. Hearing aid users show preference for ReSound Impulse Noise Reduction. Re- Sound white paper. 2019.
20. Blanchfield, B. B., Feldman, J. J., Dunbar, J. L., & Gardner, E. N. (2001). The severely to profoundly hearing-impaired population in the United States: Prevalence estimates and demographics. *Journal of the American Academy of Audiology*, 12(4), 183-189.
21. Pew Research Center. Mobile Fact Sheet. June 12, 2019. Accessed September 1, 2019. <https://www.pewinternet.org/fact-sheet/mobile/>
22. Wolfe J, Morais Duke M, Schafer E, Jones C, Müller HE, John A, Hudson M. Evaluation of performance with an adaptive digital remote microphone system and a digital remote microphone audio-streaming accessory system. *American journal of audiology*. 2015 Sep;24(3):440-50.
23. Wolfe, J. (2018). Evaluation of modern remote microphone technologies. *AudiologyOnline*, Article 23681. Retrieved from <http://www.audiologyonline.com>.
24. Jespersen, CT, Kirkwood, B. Speech Intelligibility Benefits of FaceTime. *Hearing Review*. 2015;21(2):28.
25. Tilberg I, et al. Audio-visual Speechreading in a group of hearing aid users—The effect of onset age, handicap age, and degree of hearing loss. *Scand Audiol*. 1996;25:268- 272.
26. Erber NP. Auditory-visual perception of speech. *J Speech Hear Disord*. 1975;40(4):481-492.
27. Groth J, Dyrland O, Wagener K, Meis M, Krueger M. Finetuning outcomes are similar via teleaudiology and faceto- face. *Canadian Audiologist*. 2019; 6(2). <https://www.canadianaudiologist.ca/issue-volume-6-issue-2-2019/gnresound- industry-research-6-2-feature/>
28. Convery E, Keidser G, McLelland M, Groth J. A Smartphone App to Facilitate Remote Patient-Provider Communication in Hearing Health Care: Usability and Effect on Hearing Aid Outcomes. *Telemedicine and e-Health*. 2019 Aug 21.
29. Suzuki D, Shinden S. Case studies illustrate pros and cons of integrating telemedicine in hearing aid fitting and follow-up. Paper presented at EUHA 64th Congress; 2019; Nuremberg, Germany.
30. Schumacher J. Supporting the benefits of bimodal: ReSound ENZO Q and the Smart Hearing Alliance. 2019. ReSound white paper.



signia

Life sounds brilliant.

■ Innovations Signia Xperience, pour une expérience auditive sans compromis.

En 2019 Signia a lancé sa toute nouvelle plateforme Signia Xperience avec pour objectif l'amélioration des performances en milieux bruyants. Cette innovation répond à l'attente première des patients qui reste, encore aujourd'hui, la compréhension dans un environnement bruyant et ce malgré le fait que leur satisfaction n'a cessé d'augmenter au fur et mesure des générations d'appareils jusqu'à atteindre aujourd'hui un niveau de satisfaction record.

Pour atteindre cet objectif, la nouvelle plateforme Xperience propose une toute nouvelle approche concernant la partie traitement du signal des appareils. Le but étant de réunir dans un même temps pour le patient « la parfaite écoute de la personne qui se trouve de face » avec « l'écoute des sons importants qui se trouvent tout autour de lui ». Jusqu'à présent il était très difficile, voire impossible, de proposer simultanément ces 2 caractéristiques. Dans 90% des cas, le patient souhaite entendre clairement la personne qui lui fait face dans un environ-

nement bruyant. C'est une tâche que l'on réalise très bien aujourd'hui avec la plateforme Nx. Nous souhaitons maintenant que le patient puisse entendre les sons importants tout autour de lui tel qu'un serveur qui viendrait de côté pour prendre sa commande lorsqu'il est au restaurant. Avec les plateformes précédentes un compromis était toujours nécessaire entre cette écoute frontale de bonne qualité et l'écoute des sons de l'environnement. La plateforme Xperience permet de faire bénéficier au patient des deux en simultané, sans compromis.

Pour aboutir à ce résultat, c'est à la fois l'analyse que les appareils vont faire de l'environnement du patient, mais aussi le traitement qui va en découler, qui a été revu et amélioré et que l'on retrouve désormais sous une même appellation la « TECHNOLOGIE YOURSOUND ».

La technologie Yoursound Analyse de l'environnement

À l'image de l'oreille d'or, l'officier en charge de la reconnaissance acoustique dans un sous-marin, les nouveaux appareils Xperience sont capables de détecter et classier très précisément chacun des sons entourant le patient. L'image « sonar » de l'environnement sonore ainsi créée permet aux appareils de différencier les sons importants et de restituer une scène sonore naturelle et précise pour le patient.

Avant Xperience le traitement du signal était conditionné par la détection de 6 environnements différents (bruit, parole dans le bruit...). Désormais, avec Xperience : l'appareil peut différencier et traiter respectivement 127 scénarios acoustiques différents. La raison à cette multiplication des scénarios détectés est simple et logique. Il existe une multitude de situations de parole et de bruit avec des besoins d'écoute différents. Il est donc normal de ne pas appliquer les mêmes traitements à chacune d'elles afin de fournir au patient la meilleure qualité d'écoute.

Pour faire cette analyse de l'environnement du patient, les appareils Xperience se basent dans un premier temps sur des capteurs acoustiques, en l'occurrence les microphones des appareils. Ces microphones dans un appareillage binaural sont au nombre de deux par appareil qui communiquent ensemble par le système de communication sans fil e2e. C'est ce réseau formé par ces 4 micros qui permet aujourd'hui de localiser et d'identifier précisément les sons tout autour du patient à l'image de l'oreille d'or dans le sous-marin.

De ce réseau sont extraits, de nombreux indices acoustiques permettant d'identifier et de classier précisément le scénario acoustique dans lequel le patient se trouve.

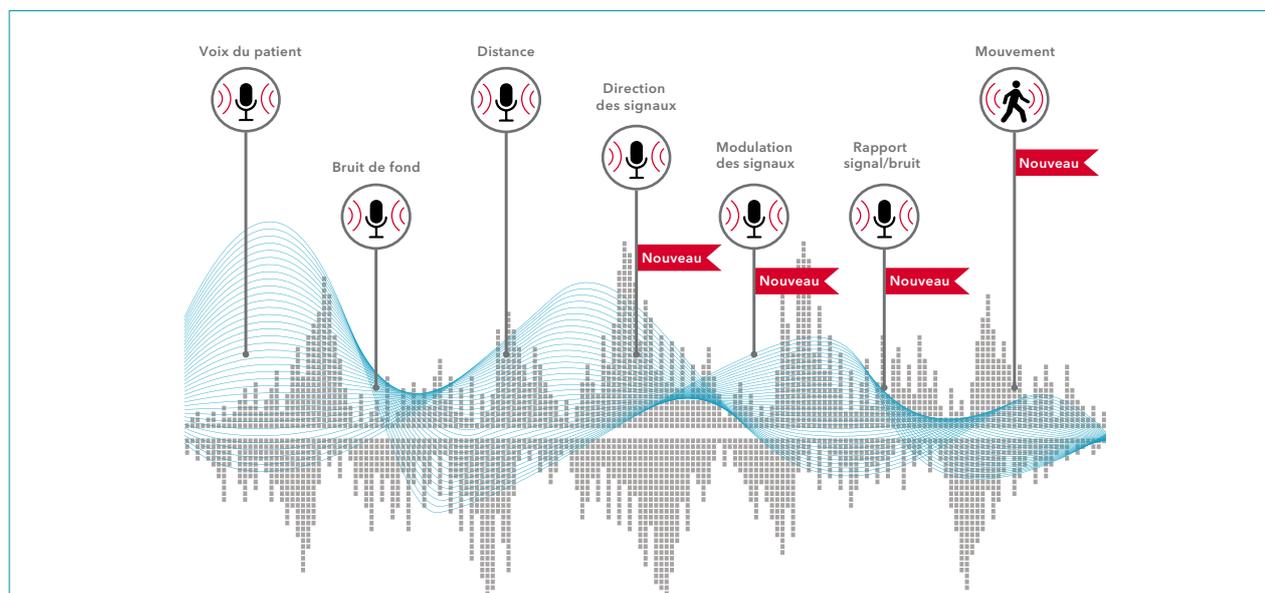


Figure n°1 : Indices acoustiques extraits du réseau de microphones par la plateforme Xperience ainsi que par le capteur de mouvement intégré aux appareils pour connaître la façon dont le patient interagit dans son environnement



Bruit de fond : Analyse de l'environnement sonore moyen du patient (intensité, type, enveloppe...), permet d'identifier « globalement » la situation du patient.

Direction des signaux : Analyse la direction des voix et bruits tout autour du patient. Cette information est obtenue par l'analyse combinée des 4 microphones constituant l'appareillage.

Modulation des signaux : Analyse les modulations de l'enveloppe temporelle des signaux afin d'identifier la nature des sons captés.

Rapport signal/bruit : Analyse le rapport signal/bruit des sons identifiés et importants (parole, musique...). Cette information permet de caractériser ces signaux et savoir s'ils doivent être restitués au patient.

Distance : Par comparaison d'intensité entre les microphones des appareils, une estimation de la distance de ces sources est réalisée.

Voix du patient : Détection de la propre voix du patient (OVPTM) dans les signaux microphoniques captés par l'appareil. OVP est maintenant également un indice qui permet de se renseigner sur le scénario.

En complément de toutes ces caractéristiques acoustiques, un capteur de mouvement a été intégré aux appareils Xperience afin de pouvoir évaluer en temps réel comment le patient interagit dans cet environnement. Par exemple, au parc, les besoins d'écoute du patient ne seront pas les mêmes s'il fait son footing, s'il promène son chien ou s'il est simplement assis sur un banc. L'environnement acoustique sera le même, mais les besoins d'écoute seront différents. Maintenant grâce à ce capteur de mouvement, les appareils Xperience peuvent être plus précis. Il y a une parfaite intégration aux situations complexes, changeantes et inattendues.

C'est donc, pour résumer, la conjugaison de capteurs acoustiques et de mouvement qui permet désormais aux appareils d'identifier ces 127 scénarios acoustiques différents.

Traitement coordonné et adapté

À partir de cette détection, le traitement de signal doit maintenant être adapté et coordonné en adéquation avec le scénario identifié.

Cette identification va agir en chef d'orchestre sur le traitement du signal pour ajuster le fonctionnement de l'appareil à ce scénario et permettre d'aboutir au meilleur résultat. Chaque scénario étant différent dans son traitement et donc dans l'activation et le fonctionnement de chaque algorithme (OVP, TPB, Super-Focus...). Désormais tous les débruiteurs ou modes microphoniques sont regroupés ensemble sous une même appellation DSP (Personnalisation des Différents Scénarios) qui sera piloté automatiquement en fonction du scénario. L'audioprothésiste ayant la possibilité de paramétrer ce DSP soit globalement soit précisément algorithme par algorithme.

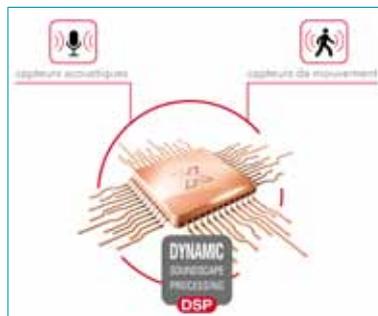


Figure n°2 : La Technologie YourSound regroupe les capteurs de mouvement et acoustiques afin d'identifier le scénario dans lequel se trouve le patient et ainsi piloter à l'image d'un chef d'orchestre tous les algorithmes de traitement de signal de l'appareil regroupé sous une seule et même appellation DSP.

Bénéfices audiolinguistiques

La technologie **YourSound** apporte de nombreux bénéfices aux patients et ce dans différents domaines.

Transparence : Avec Signia Xperience, microphones directionnels et réducteurs du bruit sont utilisés de manière plus cohérente, autant que nécessaire mais toujours aussi peu que possible. Cette approche donne au patient une meilleure appréhension de son environnement, une plus grande cohérence à la scène sonore sans compromettre pour autant l'intelligibilité de la parole et le confort d'écoute.

Intelligibilité de la parole sans compromis : quelle que soit la complexité de la situation, le traitement adaptatif des appareils conserve la tradition des générations précédentes pour optimiser l'intelligibilité de la parole et réduire l'effort d'écoute.

De plus, grâce au système OVP (reconnaissance vocale différenciée), des adaptations plus fermées peuvent être envisagées sans pour autant créer d'effet d'autophonation gênant pour le confort du patient.

Meilleure localisation : l'utilisation de la communication sans fil **e2e Ultra HD**, et de modifications spécifiques aux débruiteurs et microphones directionnels permet un traitement synchronisé entre les aides auditives garantissant une localisation stable des sources sonores même si elles sont atténuées. Les performances dans ce domaine vont bien au-delà des générations précédentes en permettant également l'audibilité des sons, en particulier sur les côtés, en gardant la localisation de toutes les sources sonores.

Son naturel : les patients peuvent facilement se concentrer sur les conversations tout en restant immergés dans la scène acoustique, réduisant ainsi les confusions par rapport à leur environnement d'écoute. L'objectif de la technologie YourSound étant de garantir une intelligibilité optimale de la parole tout en permettant l'écoute des sons importants tout autour et donc une bonne connaissance de cette situation d'écoute.

Les appareils auditifs Xperience : Styletto x

En complément de l'appareil à écouteur déporté Pure X, en pile 312 ou rechargeable Charge&Go, Signia propose son tout nouveau Styletto en version Xperience, le **Styletto X**.

En 2018, Signia a lancé une toute nouvelle génération d'aides auditives proposant une approche plus actuelle de la correction auditive. L'idée première du modèle Styletto était de proposer une solution à une patientèle freinée par le stigma de l'aide auditive. Cette patientèle, souffrant d'une perte légère à moyenne, ne souhaitait pas s'appareiller dans 9 cas sur 10 à cause d'un design trop conventionnel et d'une peur de réprobation sociale.

Loin des standards en matière d'aides auditives, Styletto est devenu une solution en accord avec les attentes actuelles de design et d'innovation. Et cela, sans faire de compromis sur les performances audiolinguistiques de ces appareils qui restent avant tout des aides auditives.



Ce concept novateur a mené l'appareillage auditif dans une nouvelle ère.

Aujourd'hui, la présence d'un Styletto dans une offre d'appareillage augmente de 18% le taux de conversion de la patientèle ciblée et son design est préféré par 8 personnes sur 10* (*Hakvoort, Burton: Increasing Style, Reducing Stigma: The Styletto Solution (Signia Backgrounder, 2018).

Ce tour de force a également apporté des retombées positives inattendues puisque, le Styletto, orienté avant tout pour une nouvelle patientèle a également séduit une patientèle plus traditionnelle.

Après plus d'un an de retours d'expérience les audioprothésistes nous remontent cet état de fait : ils souhaitent également pouvoir proposer Styletto à une plus large patientèle.

Il nous était donc nécessaire d'amener ce modèle encore plus loin. C'est pourquoi, Signia est fière de présenter aujourd'hui Styletto X.

Ce dernier intègre désormais ce qui se fait de mieux en matière d'audiologie avec

la plateforme Xperience et la technologie Yoursound.

Afin de répondre à la nouvelle demande grandissante, Styletto X s'équipe également d'un écouteur détachable, permettant d'y adapter les écouteurs Signia de différentes longueurs et de différentes puissances. Signia apporte un appareillage encore plus personnalisé et répond à la quasi-totalité des morphologies et des pertes de la population malentendante.

Les lignes de cette nouvelle création ont aussi été retravaillées afin de correspondre encore plus à la demande actuelle. Styletto X est plus court, plus discret, et s'habille de deux nouveaux coloris : noir intégral et blanc intégral. En apportant plus de choix et plus de liberté d'adaptation, Styletto X se libère de tout compromis pour devenir un modèle de référence de l'appareillage auditif.

De plus, l'écran de charge nomade livré avec les appareils a également été revu pour une utilisation plus simple et plus pratique. Revêtu d'une nouvelle finition



Figure n°3 : Visuel STYLETTO X

blanc laqué, il se dote également de la technologie de recharge sans fil Qi. Ce standard de charge par induction apporte une nouvelle dimension à la recharge. Seul Styletto bénéficiait de recharge nomade, aujourd'hui l'écran de charge peut également se recharger très simplement à tout endroit où cette technologie Qi est disponible. Une voiture, un café, un bar, ou tout simplement à la maison, les possibilités s'étendent pour offrir au patient un maximum de liberté dans son quotidien.



À l'écoute de nos adhérents, nous redéfinissons nos services en permanence.

2016

Plateforme
partage

2017

e-learning

ISO 9001

2018

Plateforme
qualité

Déploiement
ISO 9001

2019

Chroniques
Dyapason

Plateforme
patients

Plateforme
Chat

Un réseau national
ouvert à tous.

J'ADHÈRE



Vincent GÉNOT
06 87 83 93 32



Philippe DELBORT
06 98 20 64 46

➔ dyapason.fr
➔ dyapason.audio
➔ dyapason.expert
➔ dyapason-chroniques.fr



■ Offrez à votre patient une expérience d'écoute personnalisée grâce aux démonstrations

Par les produits et services que nous proposons pour aider ceux qui ont du mal à entendre, nous - professionnels de l'audition - sommes parfaitement conscients des bienfaits de l'amplification. Nous devons lutter contre l'installation lente et insidieuse de la perte d'audition, la stigmatisation de la surdité dans la société et le coût perçu du traitement et nous avons fréquemment à faire à une population qui ne dispose tout simplement pas assez d'informations pour comparer l'avant de l'après aides auditives. Il arrive souvent que les patients ne soient pas convaincus de la nécessité d'un appareillage, même après un bilan clinique approfondi et de nombreux conseils. Certains peuvent avoir besoin de plus d'informations avant d'accepter le traitement que nous recommandons. Une démonstration peut alors s'avérer utile pour faire la preuve des bienfaits des aides auditives aux patients et, de façon tout aussi importante, à leur famille ou à leurs proches. C'est une manière efficace d'inviter le patient à prendre une part active dans son traitement et de lui proposer une expérience d'écoute personnalisée. Celle-ci implique également les proches dans le processus.

Une démonstration simple avec un parent, faisant état de résultats avec et sans aides auditives, peut ainsi avoir un fort impact. Placez la personne proche à une distance du patient suffisamment grande pour empêcher toute audibilité à un niveau de conversation normal. Demandez au patient de se retourner pour le priver de tout indice visuel. Invitez le proche à lire une liste de mots isolés puis demandez au patient de répéter, s'il le peut, les mots au fur et à mesure qu'ils sont prononcés. Faites avancer le proche jusqu'à ce que le patient répète correctement les mots. Notez la distance sur un graphique. Répétez l'exercice en équipant le patient d'appareils convenablement programmés et en demandant simplement au proche de reculer depuis le point d'audibilité sans aide auditive jusqu'à ce que le patient ne puisse plus répéter les mots.

Notez la distance avec aides auditives pour en illustrer les bienfaits. Cette expérience montre l'intérêt de l'amplification en termes de distance, un paramètre qui peut être plus éloquent pour le patient qu'un seuil de perception exprimé en décibels. Le proche n'a plus besoin d'être juste à côté du patient pour tenir une conversation normale.



Aides auditives et accessoires sans fil fournissent également l'occasion de prouver à quel point cette nouvelle technologie peut mieux répondre aux besoins auditifs spécifiques des patients. Ils leur permettent notamment d'entendre leurs appels téléphoniques ou leurs émissions de télévision préférées directement dans leurs aides auditives, d'en ajuster le volume ou d'en modifier le programme à partir d'une télécommande ou encore de mieux comprendre dans le bruit grâce à un microphone déporté.

Il se peut que les patients ne perçoivent pas immédiatement ces avantages ni la nécessité de ces accessoires. Il arrive parfois qu'une simple évocation des avantages de ces accessoires sans fil ne

suffise pas. Les patients, et leurs proches, ont besoin d'éprouver par eux-mêmes cette technologie. Ce qu'autorise une expérience d'écoute personnalisée, simple et rapide, avec l'accessoire approprié. Une démonstration réussie de l'utilité du sans fil exige une excellente préparation (figure 1). La première étape de cette préparation consiste à découvrir ce dont le patient a réellement besoin. Pouvoir regarder la télévision ? Utiliser un téléphone portable ? Mieux entendre dans un environnement bruyant ? Ou modifier plus aisément le volume ou les programmes de ses aides auditives ? Reportez-vous au tableau pour voir la solution suggérée selon le besoin principal du patient. Nous proposons ci-après quelques exemples d'expériences d'écoute simples et rapides à réaliser.

MICROPHONE +

Équipez le patient d'aides auditives convenablement programmées et appariées au Microphone +. Allumez le Microphone + et, en le tenant verticalement, dites : « Voici notre microphone. Je sais que vous éprouvez des difficultés lors des réunions de travail et ce microphone va vous y aider. Pour l'instant, parce que je le tiens verticalement, il privilégie automatiquement les sons venant d'en haut, en l'occurrence ma voix ». Posez le microphone sur la table (sur sa pince) et montrez qu'en position horizontale, il passe en mode Surround. Maintenant, dites « Lors d'une réunion, vous allez pouvoir poser le microphone au milieu de la table et, parce qu'il est posé à plat, il va capter les sons tous azimut. » Enfin, tendez le microphone à la personne qui accompagne le patient et dites à cette dernière : « Au-delà des réunions, le microphone peut vous être utile dans d'autres situations compliquées. Regardez ! » Demandez à l'accompagnant de parler au patient tout en sortant de la pièce.

Besoin	Solution	Expérience
Difficultés lors de réunions de travail	Microphone +	Entendre les conversations autour d'une table de réunion
Être connecté au monde qui l'entoure	Microphone + et Amazon Echo	Entendre directement dans ses aides auditives les informations données par Alexa
Mieux entendre la télévision/ volume de la télévision trop fort pour le reste de la famille	Émetteur TV	Écouter la télévision/ iPad® à un volume confortable pour le patient et les autres
Inconfort dans les environnements animés	Application Thrive™	Pouvoir régler les aides auditives, notamment Comfort Boost

Figure 1



MICROPHONE + et AMAZON ECHO

Équipez le patient d'aides auditives convenablement programmées et jumelées au Microphone +. Assurez-vous que le Microphone + est connecté à Amazon Echo (une connexion line-in serait idéale) et dites : « Ce microphone peut être utilisé de plusieurs façons différentes pour vous permettre d'être connecté. Ici, nous l'avons connecté à Amazon Echo ». Montrez la fonction "double-tap" au patient et dites : « Vous pouvez démarrer la transmission audio d'un simple tapotement sur votre aide auditive ». Invitez le patient à poser une question simple à Alexa, par exemple : « Pourquoi ne demandez-vous pas à Alexa quelle est la température dehors ? » Le patient entendra la réponse à sa question directement dans ses aides auditives. Concluez par : « Ce microphone peut se connecter à différentes sources audio ; vous aurez ainsi presque toujours une solution, quel que soit l'appareil auquel vous souhaitez vous connecter. »

ÉMETTEUR TV

Équipez le patient d'aides auditives convenablement programmées et jumelées au émetteur TV. Vérifiez que le dispositif est couplé à un iPad ou relié à un téléviseur puis dites « Je vous ai entendu dire que la télévision est importante pour vous et votre épouse et que, parfois, vous n'êtes pas d'accord sur le volume. Voici notre accessoire TV. Il va vous aider à être en lien direct avec la télévision pour que le volume reste à un niveau confortable pour votre épouse. » Montrez la fonction 'double-tap' au patient et dites « Vous pouvez également démarrer ou arrêter la transmission audio en tapotant simplement sur votre aide auditive ». Laissez le patient tester le "double-tap" et régler le volume.

APPLICATION THRIVE

Équipez le patient d'aides auditives convenablement programmées et jumelées à un téléphone portable avec l'application Thrive.

Veillez à ce que l'option Comfort Boost ait été sélectionnée et que l'icône apparaisse sur l'écran principal. Commencez en disant : « Je sais que vous pouvez éprouver de l'inconfort lorsque le bruit environnant devient trop fort. Grâce à cette application, vous réglez très simplement et rapidement vos aides auditives ». Diffusez un fichier audio via les haut-parleurs de votre bureau pour simuler un environnement animé. Puis dites : « Vous n'avez qu'à ouvrir l'application... » (appuyez sur Comfort Boost), «... et à appuyer sur cette icône ». Le patient percevra une réduction immédiate du bruit ambiant. Puis, dites : « Lorsque vous souhaitez revenir au réglage initial, il vous suffit d'appuyer de nouveau sur l'icône. »

Voici quelques exemples, parmi d'autres, des nombreuses expériences qu'il est possible de proposer aux patients. N'oubliez pas, les démonstrations les plus efficaces sont courtes et en rapport avec les besoins spécifiques du patient. Intégrer un accessoire dans l'expérience d'écoute personnalisée davantage la démonstration et la rend plus percutante.

chroniques dyapason

Nos intervenants partagent sans langue de bois leur vision du monde de l'audiologie.



Inscrivez-vous sur
dyapason-chroniques.fr

WIDEX EVOKE™

WIDEX®

RIC 312 D ET BTE 13 D

DÉCOUVREZ LES NOUVEAUX APPAREILS WIDEX ET LEURS FONCTIONNALITÉS CONNECTÉES

- LE SON WIDEX EVOKE™ PUR ET NATUREL
- NOUVEAU DESIGN
- CONNECTIVITÉ BLUETOOTH 2,4 GHz
- TÉLÉBOBINE
- OBSERVATIONS RÉELLES
- NOUVEAUX MICROPHONES MEMS (BTE 13 D UNIQUEMENT)



**UN CONTRÔLE COMPLET
DEPUIS VOTRE SMARTPHONE**

AVEC **L'APPLICATION EVOKE**,
AJUSTEZ LE VOLUME,
CHANGEZ LA DIRECTIONNALITÉ OU
TROUVEZ VOTRE PROGRAMME
FAVORI **EN TOUTE SIMPLICITÉ !**



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 relève, au titre de cette réglementation, le marquage CE. Décembre 2019.



Actualités du monde de l'audiologie



Enseignement

■ Société française de chirurgie plastique et esthétique de la face

Réunion de rentrée sous l'égide de la Société Française d'ORL

4 et 5 septembre 2020
Hôtel Mercure La Rochelle
Vieux port
Quai Louis Prunier
17000 La Rochelle



Comité d'organisation

Philippe Boudard - Florent Espitalier
Olivier Malard - Olivier de Monredon
Bruno Bertrand - Sébastien Albert -
Georges Lamas

Liste des orateurs :

Sébastien ALBERT, Paris
Cécilia AUDUREAU, La Rochelle
Martine BARATEAU, Bordeaux
Bruno BERTRAND, La Rochelle
Jean-Pierre BESSEDE, Limoges
Véronique BLATIERE, Montpellier
Guillaume de BONNECAZE,
Toulouse
Philippe BOUDARD, Bordeaux
Frédéric BRACCINI, Nice
Christian BUJEAUD, Lyon

François DISANT, Lyon
Florent ESPITALIER, Nantes
Frédéric FAURE, Lyon
Peggy GATIGNOL, Paris
Patrick GUILLOT, Bordeaux
Rémi HERVOCHON, Paris
Joëlle HUTH, Périgueux
Georges LAMAS, Paris
Eric LONGUEVILLE, Bordeaux
Olivier MALARD, Nantes
Justin MICHEL, Marseille
Olivier de MONREDON, La Rochelle
Lucie PEUVREL, Nantes
Gilles POISSONNET, Nice
Thomas RADULESCO, Marseille
Emmanuel RACY, Paris
Pierre-Manuel RENARD, Bordeaux
François SCHENCK, Saintes
Fabrice SERRANO, Pau
Louis TOTY, La Rochelle
Delphine VERTU CIOLINO, Lyon
Stéphane VILLANOVA, Montpellier

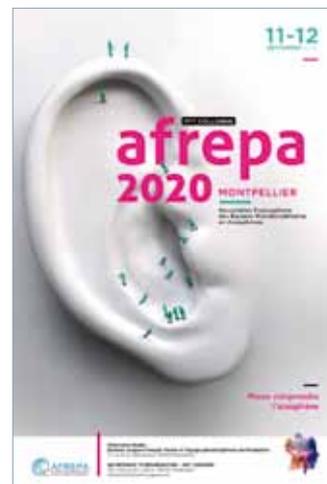
Le programme de cette Réunion 2020 fera une large place aux thématiques de chirurgie cervico-faciale et de reconstruction, chères aux ORL. Il associera des tables rondes à vocation synthétique et des ateliers plus pratiques. Des experts seront invités à venir nous faire partager leur expérience avancée. Des sessions seront consacrées à l'esthétique (médecine et chirurgie esthétique). D'autres, plus générales, seront plutôt orientées vers la formation des internes. Une séance de formation DPC est également proposée dans le cadre de ces journées.

Chirurgiens O.R.L., dermatologues, chirurgiens maxillo-faciaux et plasticiens : nous comptons sur votre participation nombreuse, pour faire de cette rencontre un moment riche en échanges scientifiques et amicaux, dans ce beau cadre de la façade atlantique !

Organisation logistique
AS connect événement
Tél 02 40 20 15 95
www.asconnect-evenement.fr

■ 11^{ème} Colloque AFREPA « Mieux comprendre l'acouphène »

11 et 12 septembre 2020
Le Corum
Esplanade Charles
de Gaulle - BP 2200
34 000 MONTPELLIER



Comité d'organisation

Jacques-François Farran
Laurent Abramovici
Pascal Bec - Frédéric Bridoux
Sophie Cordesse-Batiftorf
François Dejean - Jean-Philippe Sibel
Gérard Sicre - Alain Uziel

Comité scientifique

Eric Bailly. Masson
Eric Bizaguet
Marie-Josée Esteve-Fraysse
Jacques-François Farran
Bruno Frachet
Alain Londero
Arnaud Norena
Martine Ohresser
Jean-Luc Puel
Olivier Sterkers
Hung Thai Van
Geoffroy Vandeventer
Frédéric Venail
Paul Viudez



L'AFRÉPA (Association Francophone des Équipes Pluridisciplinaires en Acouphéno-logie) a été créée par des professionnels médicaux et paramédicaux (médecins ORL, généralistes, psychiatres, comportementalistes, audioprothésistes, psychologues, sophrologues, chercheurs ...) désireux de mettre en commun leurs compétences au sein d'une même équipe pour une prise en charge plus efficace des patients acouphéniques et hyperacousiques.

Elle a également pour but de favoriser les échanges entre les différentes spécialités et de participer à la réalisation de travaux de recherches cliniques.

Quels sont les objectifs ?

Ils sont multiples mais concourent tous à uniformiser et faire progresser la prise en charge pluridisciplinaire dans notre pays. Il s'agit de :

- 1) promouvoir l'approche pluridisciplinaire dans la prise en charge de l'acouphène chronique et/ou de l'hyperacousie
- 2) participer à l'enseignement et à la recherche clinique ou fondamentale concernant le traitement de l'acouphène chronique et de l'hyperacousie
- 3) participer à la formation universitaire post-universitaire et permanente concernant la prise en charge de ces symptômes
- 4) développer les méthodes d'exploration d'évaluation et de traitement de l'acouphène chronique et de l'hyperacousie et établir des référents standards
- 5) promouvoir classification et nomenclature pour définition en langue française concernant l'acouphène et l'hyperacousie
- 6) diffuser auprès des organismes officiels toute information concernant l'évaluation et le traitement de l'acouphène et de l'hyperacousie.
- 7) assurer la liaison avec d'autres associations françaises ou étrangères concernant la prise en charge de l'acouphène et de l'hyperacousie.

L'AFRÉPA organise un colloque annuel destiné aux professionnels avec une journée de formation en atelier et une journée de présentation théorique.

Pour plus d'informations :
<http://www.afrepa-montpellier2020.com/>
<https://www.afrepa.org/>

Communiqués

OTICON

Oticon souligne son engagement à fournir une technologie d'aide auditive qui change la vie en dévoilant sa nouvelle identité de marque

Oticon, fabricant d'aides auditives, a annoncé un nouveau concept de marque dominé par une stratégie de communication claire et simple pour promouvoir son engagement à fournir une « technologie qui change la vie ». Oticon veut s'assurer que les consommateurs et les audioprothésistes apprécient pleinement son engagement envers la recherche et le développement d'innovations technologiques qui font une différence dans le quotidien.

« Nous sommes extrêmement fiers d'être l'une des marques les plus fortes du secteur mondial de la santé auditive, une réputation que nous avons acquise en développant constamment des avancées technologiques exceptionnelles qui répondent à la demande des utilisateurs d'aides auditives », s'est félicité Ole Asboe Jørgensen, Président de la marque Oticon au niveau mondial. « Nous disposons d'une vaste base de données probantes qui démontre l'efficacité des aides auditives Oticon et nous permet d'affirmer avec confiance que la technologie que nous développons révolutionne la technologie auditive et transforme la vie des utilisateurs. »

La nouvelle stratégie de marque Oticon repose sur cinq grandes caractéristiques qui sont les valeurs motrices de la marque : Ouverture et curiosité, BrainHearing™, Pionnier technologique, Dévouement envers les utilisateurs et Engagement auprès des professionnels.

« Notre mission constante est d'évoluer au rythme des mutations du monde afin d'être toujours prêt pour demain, et nous envisageons un monde dans lequel la perte auditive n'est plus synonyme de limitation », a déclaré Ole Asboe Jørgensen. « Nous entrons dans une ère de vieillissement des populations mondiales et les seniors d'aujourd'hui adoptent les nouvelles technologies avec plus de confiance en s'équipant d'appareils qui les aident à vivre pleinement. C'est pourquoi il n'a jamais été aussi pertinent

de promouvoir notre statut d'innovateur de technologies qui changent la vie, à l'heure où nous continuons de développer de nouvelles solutions pour répondre aux besoins en constante évolution des utilisateurs d'aides auditives d'aujourd'hui et de demain, et des audioprothésistes qui les accompagnent chaque jour. »

www.oticon.fr et <https://www.oticon.fr/about>.

STARKEY

Starkey franchit la frontière de la santé avec l'arrivée d'un médecin dans son équipe dirigeante

Starkey est heureux d'annoncer la nomination du Dr Archelle Georgiou au titre de « Chief Health Officer ». Starkey est le premier fabricant à intégrer dans son équipe stratégique un médecin au poste de Directrice de la santé.



Le Dr Archelle Georgiou est un médecin reconnu aux Etats-Unis, experte de l'industrie médicale et également journaliste et auteur. Après avoir

obtenu son diplôme de médecine à la « Johns Hopkins University School of Medicine », elle a occupé le poste de Chef de la direction médicale du groupe de conseils « United Healthcare » de 1995 à 2007. Depuis, elle a travaillé comme consultante dans la mise en place de projets visant à améliorer le système de santé et la qualité de vie au travail auprès de diverses entreprises.

Starkey a repoussé les frontières technologiques avec Livio AI

A la tête de Starkey depuis 2017, Brandon Sawalich, Président, a commencé à restructurer l'équipe dirigeante en nommant Achin Bhowmik, Directeur des nouvelles technologies. Cela a permis à Starkey de repousser les frontières technologiques en investissant dans des disciplines qui utilisent l'audition pour accroître les performances physiques et cognitives. Starkey a tiré parti des sciences humaines et de l'intelligence artificielle pour mieux comprendre la perte auditive et son impact sur la santé en général, ce qui a donné naissance à Livio AI : la première solution healthable de notre industrie.



Starkey franchit la frontière de la santé avec l'arrivée du Dr Archelle Georgiou

En intégrant au sein de l'équipe dirigeante un médecin, le premier de l'industrie, Starkey solidifie son engagement à l'amélioration de la santé et du bien-être grâce à une meilleure audition. Le Dr Georgiou, forte de son expérience, aura un rôle capital à jouer dans l'innovation de la technologie Healthable, à des fins de santé pour aider les patients à gérer de manière proactive leur bien-être général tout en améliorant leur expérience auditive. Son objectif est de faire comprendre à la communauté médicale, au sens large, le rôle prépondérant de la santé auditive.

« Starkey est le leader de l'industrie en matière de technologie Healthable. En tant que fabricant d'aides auditives, Starkey évolue vraiment comme une entreprise de soins de santé auditifs. Je suis honorée de rejoindre cette entreprise aux valeurs fortes et de faire partie de ce moment charnière de la longue et fructueuse histoire du groupe », a déclaré le Dr Archelle Georgiou. « Nous savons que l'oreille est une passerelle pour une meilleure santé et un plus grand bien-être. En concevant une technologie révolutionnaire, Starkey a ouvert des perspectives inédites. Aujourd'hui, nous entrons dans une nouvelle décennie avec la e-santé : le patient numérique où les personnes veulent de plus en plus devenir acteurs de leur santé. Starkey développe des outils et des technologies innovantes dont Livio AI, nommée sur la liste TIME des meilleures inventions de 2019 et sur la liste The Verge des 100 meilleures innovations technologiques de la décennie. Avec la technologie Healthable, Starkey permet aux personnes de tous âges de mieux entendre en prenant soin de leur santé pour vivre mieux. »

« Chez Starkey, nous redéfinissons notre vision et notre stratégie qui doivent contribuer à ce que plus de personnes vivent une vie plus saine », a déclaré le président de Starkey, Brandon Sawalich. « Afin de placer la santé auditive au premier plan, le Dr Georgiou aidera à ouvrir la voie au développement de partenariats stratégiques auprès de la communauté médicale. Nous sommes très heureux d'accueillir le Dr Georgiou dans la famille Starkey. » Et pour conclure « C'est une nouvelle aventure pour

Starkey et je suis tellement fier de diriger cette équipe de personnes talentueuses qui sont passionnées par la réalisation de la vision de Bill Austin : "Pour que le monde puisse entendre".»

Contact presse : Eric Van Belleghem
Directeur Marketing - 06 88 23 68 13
Eric_VanBelleghem@starkey.fr

GN HEARING

GN Hearing lance ReSound ENZO Q™ l'aide auditive non seulement puissante mais aussi connectée, personnalisable, ajustable à distance et compatible Cochlear™

GN Hearing a le plaisir d'annoncer le lancement de ReSound ENZO Q™ dédié aux pertes auditives sévères à profondes. Bien plus que simplement puissantes, les nouvelles aides auditives ReSound ENZO Q permettent aux utilisateurs de mener leur vie quotidienne en toute confiance, offrant une expérience auditive fiable et confortable.

- ReSound ENZO Q établit une nouvelle norme dans la catégorie des surpuissants démontrant une amélioration de 60% de la reconnaissance de la parole (en situation de face-à-face) dans les environnements bruyants¹ et délivre un son clair, agréable et de haute-qualité en provenance de toutes les directions.
- ReSound ENZO Q offre un large spectre de connectivités et de streaming direct avec Apple ET Android (version 10).
- ReSound ENZO Q intègre la nouvelle fonctionnalité ReSound Assist Live² qui fournit une assistance en ligne en temps réel et en face à face vidéo entre l'utilisateur et son audioprothésiste.
- ReSound ENZO Q est compatible avec les implants de la société Cochlear™ pour offrir aux patients implantés tous les avantages de la bimodalité⁴.



Deux modèles disponibles pour pallier les surdités sévères à profondes

- La puissance : La gamme ENZO Q est disponible en deux modèles contours 88 (pile 13) et 98 (pile 675) qui couvrent les pertes d'audition de 35 à 115dB (modèle 88) et de 60 à 120dB (modèle 98). Ils offrent en outre un gain max de 73 à 83dB (coupleur 2cc) selon le modèle et une sortie max de 134 à 141dB (coupleur 2cc), le tout sans aucun effet Larsen.
- Grâce à notre plate-forme technologique la plus avancée à ce jour, l'aide auditive offre de meilleures performances sans augmentation de consommation d'énergie !
- Le modèle 88 est livré avec un coude en métal qui permet de gagner jusqu'à 6 dB de gain versus le modèle 88 du ReSound LiNX Quattro. Les contours 88 et 98 offrent un bouton mute (sourdine) utile pour le confort du patient dans certaines situations sonores et sont équipés d'une bobine téléphonique pour se connecter au système de boucle magnétique d'un grand nombre de lieux.
- La fiabilité : Ils sont protégés par une couche hydrophobe déposée iSolate nanotech pour une durée de vie optimale et sont certifiés IP68.
- Le design : ReSound Enzo Q partage la même conception matérielle que les précédents appareils de la famille ENZO. Côté esthétique, ces modèles sont disponibles en 10 couleurs pour satisfaire toutes les envies.

La qualité sonore au service des patients aux pertes sévères et profondes, dans tous les environnements sonores

La clarté du son et la capacité d'entendre dans des environnements bruyants sont d'une importance vitale pour les personnes souffrant d'une perte auditive sévère à profonde. Alors que des niveaux d'amplification très élevés aident les gens à se sentir connectés et assurés, certains bruits de fond amplifiés sont fastidieux - voire désagréables - à entendre. Le nouveau ReSound ENZO Q va au-delà de la puissance en trouvant le bon équilibre, permettant aux utilisateurs d'aides auditives de profiter d'une meilleure intelligibilité de la parole avec un ajustement du volume et du bruit au plus



juste niveau. Les bruits de fond deviennent confortables mais toujours audibles, et les bruits forts sont ajustés.

- Avec ReSound ENZO Q et Binaural Directionality III, vos patients feront l'expérience d'une excellente qualité et clarté sonore. Peu importe l'environnement sonore dans lequel ils évoluent, un restaurant bruyant ou une randonnée au grand air, les porteurs de ReSound ENZO Q perçoivent mieux les sons et la parole.
- L'anti-Larsen intégré DFS Ultra II empêche le Larsen dans les situations dynamiques sans réduire le gain en dessous de la quantité prescrite, grâce à ses deux filtres d'annulation de phase combiné à un algorithme de correction de gain qui prédit l'occurrence de rétroaction.
- ReSound ENZO Q est disponible dans trois niveaux de performance (9-7-5), offrant le meilleur de la technologie aux patients dans tous les budgets auditifs.

Les connectivités ReSound pour une meilleure expérience utilisateur

- ReSound ENZO Q permet le streaming direct Apple ET Android3. Les aides auditives pouvaient déjà se connecter directement et sans interface à toute la gamme de matériels Apple (iPhone 5 ou plus). ReSound ENZO Q offre désormais le streaming direct Android avec un grand nombre de smartphones Android (version 10) : voir liste des compatibilités sur <http://www.resound.com/fr-fr/help/compatibility>, technologie pour laquelle GN a reçu le Big Innovation Award 2020 ! Ce prix décerné par le Business Intelligence Group, récompense les innovations technologiques majeures. En effet, le streaming direct entre les dernières aides auditives GN et les équipements Android est désormais possible, sans dispositif intermédiaire, améliorant ainsi potentiellement le confort auditif de millions de personnes malentendantes dans le monde.
- ReSound ENZO Q est compatible avec tous les accessoires d'aide à l'écoute de la gamme ReSound dont le TV Streamer 2, le Multi-Mic et le Phone Clip+ pour une écoute simplifiée. Il est aussi bien évidemment compatible avec la nouvelle Remote Control, une petite télécommande qui permet de régler ses aides auditives en tout simplicité. Avec ses larges touches et

sa petite taille, les patients peuvent régler notamment le volume et le programme sans difficultés. Cette télécommande convient parfaitement aux malentendants qui pourraient souffrir de problèmes de dextérité ou qui recherchent l'accessoire le plus discret possible pour régler leurs aides auditives.

Plus de services et plus de possibilités d'ajustement

Une relation audioprothésiste – patient renforcée : ReSound ENZO Q est capable d'être ajustée à distance via l'interface ReSound Assist. Ce service complémentaire à l'activité de l'audioprothésiste et au contrôle continu permet aux patients de rester en contact sans se déplacer en centre. Côté patient, il suffit pour accéder à ce service de télécharger l'application gratuite ReSound Smart 3D™ (disponible sur App Store et Google Play), qui leur permet aussi de contrôler leurs aides auditives facilement et directement à partir de leur smartphone.

Côté nouveauté, grâce à ReSound Assist Live, il est désormais possible de communiquer en face-à-face avec son patient à travers un service de vidéo à distance.

- 1- *Benefit of directional microphone compared to omnidirectional microphone (data on file)*
- 2- *Bientôt disponible en France*
- 3 - *Android 10 et Bluetooth 5.0*
- 4- *Cochlear, Hear now. And always, Nucleus, Kanso, Baha, le logo elliptique et les marques portant un symbole ® ou ™ sont des marques de commerce ou des marques déposées de Cochlear Limited ou Cochlear Bone Anchored Solutions AB (sauf indication contraire).*
<http://www.resound.com>

■ MED EL

250 ans de Beethoven : et s'il avait pu entendre ?...

Comment les solutions auditives auraient pu compenser la surdité du célèbre compositeur

Être sourd est un grand défi en soi - mais une condition insupportable pour le compositeur : Ludwig van Beethoven avait qualifié sa perte auditive « d'exil ». Si cet artiste exceptionnel était vivant aujourd'hui, il aurait pu profiter d'aides auditives pour surmonter sa surdité. À l'occasion du 250^{ème} jubilé de Beethoven, de la Journée Mondiale de l'Audition le 3 mars et de la Journée Nationale

de l'audition le 12 mars, le fabricant autrichien de solutions auditives MED-EL souhaite rappeler l'importance de préserver son audition et de traiter la perte auditive efficacement. À 28 ans, l'audition de Ludwig van Beethoven s'est détériorée de façon progressive. Le compositeur, né en 1770, est mort sourd à Vienne en 1827. A 31 ans, il écrit à un ami : « Je mène une vie misérable. Je n'entends pas les sons élevés des instruments et des voix (perte des hautes fréquences) si je me place un peu loin [...] et je n'entends pas non plus les instruments à vent dans l'orchestre. Parfois, j'entends aussi l'orateur qui parle doucement, mais pas les mots (perte d'intelligibilité de la parole), et pourtant dès que quelqu'un crie, je deviens désagréable (hyperacousie) ». Beethoven se contenta d'huile d'amande, de raifort et de bains tièdes du Danube, mais aucun n'a pu arrêter la perte auditive. Pour composer, il mordait l'extrémité d'un bâton posé sur son piano à queue afin d'entendre par conduction osseuse.

Quelle technique aurait pu aider Beethoven pour surmonter sa perte auditive ?

En utilisant un bâton pour transmettre les vibrations du piano à ses dents, Beethoven utilisait le principe de la conduction osseuse. Ce principe est aujourd'hui utilisé avec succès en implantologie auditive pour aider les personnes atteintes de perte auditive de transmission à bien entendre. Même si l'on ne connaît pas avec certitude le type de surdité de Beethoven, la médecine moderne aurait probablement pu aider le compositeur : dans les premières années, une simple prothèse auditive aurait suffi à réduire la détresse de Beethoven. Une fois les limites de la prothèse auditive atteintes, Beethoven aurait pu bénéficier d'un implant auditif moderne selon son type de surdité, comme par exemple un implant d'oreille moyenne, un implant à conduction osseuse ou implant à ancrage osseux ou encore un implant cochléaire (IC). Ce dernier est utilisé pour les pertes auditives sévères à profondes pour stimuler directement l'oreille interne lorsque les cellules sensorielles (cellules ciliées) ne fonctionnent plus, mais que le nerf auditif est toujours intact. Si le nerf auditif lui-même avait été affecté, Beethoven trouverait aujourd'hui de l'aide sous la forme d'un implant du tronc cérébral qui transmet l'information directement au cerveau.



Journée mondiale de l'audition de l'OMS^[1]

Le 3 mars de chaque année, l'Organisation mondiale de la Santé attire l'attention sur l'importance d'une bonne audition. L'édition 2020 de cette journée est basée sur la devise «Entendre pour toujours : ne laissez pas la perte auditive vous limiter».

Tester son audition et bénéficier des traitements adaptés est essentiel pour prévenir les conséquences préjudiciables de la perte auditive. Les enfants souffrant d'une perte auditive sévère ne sont pas toujours en mesure d'achever leur parcours scolaire tandis que les personnes âgées malentendantes s'isolent de plus en plus de la société et présentent un risque accru de dépression et de démence. L'OMS recommande que les personnes malentendantes fassent examiner leur perte auditive par un professionnel de santé le plus tôt possible et, si nécessaire, de suivre les recommandations de ce dernier concernant le traitement de la perte auditive afin de profiter pleinement et à nouveau de la vie.

^[1] Informations sur <https://www.who.int/deafness/world-hearing-day/whd-2020/en>

Les effets néfastes de la perte auditive sur la santé

Une perte auditive non traitée peut malheureusement entraîner des effets nuisibles sur la santé :

1. Aging and Hearing Health: The Life-course Approach. Davis A et al. Gerontologist. 2016 Apr; 56(Suppl 2): S256-S267
2. Association of Age-Related Hearing Loss With Cognitive Function, Cognitive Impairment, and Dementia: A Systematic Review and Meta-analysis, Loughrey DG et al. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg. 2018 Feb 1;144(2):115-126
3. Diabetes-related changes in hearing. Austin DF et al. Laryngoscope. 2009 Sep;119(9):1788-96
- 4.5. Association of Hearing Impairment and Mortality in Older Adults, Genther DJ et al. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2015 January;70(1):85-90
6. Prevalence and patterns of hearing loss among chronic kidney disease patients undergoing haemodialysis, Jishana Jamaldeen, Australas Med J. 2015; 8(2): 41-46
7. Association of Hearing Impairment With Incident Frailty and Falls in Older Adults, Kamil RJ et al. J Aging Health. 2016 Jun; 28(4): 644-660
8. Death, Depression, Disability and Dementia Associated With Self-reported Hearing Problems: A 25-Year Study. Amieva H et al. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2018 Sep 11;73(10):1383-1389
9. Associations between cardiovascular disease and its risk factors with hearing loss-A cross-sectional analysis. Tan HE et al. Clin Otolaryngol. 2018 Feb;43(1):172-181

Protéger son audition

A l'occasion de la Journée Internationale de l'Audition le 3 mars 2020 et de la Journée Nationale de l'Audition (JNA) le 12 mars 2020, MED-EL voudrait rappeler quelques règles simples pour protéger son audition :

- Ne pas écouter la musique trop fort
- Eviter l'usage intensif d'écouteurs
- Ne pas introduire de cotons-tiges dans l'oreille
- Dans un environnement sonore très bruyant, utiliser des bouchons d'oreille
- Lors d'un concert ou en boîte de nuit, ne pas rester proche des enceintes
- Eviter les bruits intenses et privilégier les lieux calmes
- Faire tester son audition fréquemment

Pouvoir détecter les premiers signes de la perte auditive est important :

- Difficultés de compréhension lorsque plusieurs personnes parlent en même temps ou avec un bruit de fond
- Difficultés à entendre les bruits forts et/ou à localiser leur provenance
- Difficultés à entendre et/ou comprendre ses proches
- Difficultés à comprendre les discussions au téléphone
- Besoin de monter le son de la télévision

En cas d'apparition de ces signes, il convient de ne pas attendre et de se rendre le plus tôt possible chez un professionnel de santé. Ce dernier effectuera des tests auditifs adaptés pour déterminer le degré et le type de perte auditive et proposer ensuite un traitement adéquat à l'état de santé du patient.

Priscilla Bres - Marketing Manager, MED-EL France
priscilla.bres@medel.com - www.medel.com

MED-EL est le premier fabricant d'implants auditifs à recevoir la certification concernant le nouveau règlement européen sur les dispositifs médicaux (MDR).

Le fabricant autrichien d'implants auditifs MED-EL est devenu l'un des premiers fabricants au monde – et le seul dans le domaine des implants auditifs – à obtenir la certification du Règlement Européen sur les dispositifs médicaux ((UE)2017/745). Après une évaluation de conformité réussie au nouveau MDR, comprenant un audit du système de gestion de la qualité, MED-EL devient également l'un des premiers fabricants au monde à recevoir

la certification pour un certain nombre de catégories de produits, incluant les dispositifs médicaux de la classe III (risque le plus élevé), les dispositifs sur mesure implantables de classe III et les instruments chirurgicaux réutilisables de classe I.

Le règlement européen classe tous les dispositifs médicaux en quatre catégories principales (invasif, non-invasif, actif et règles particulières) qui sont ensuite sous-catégorisées en classes. Les dispositifs de classe III (le MDR comprend les dispositifs médicaux implantables actifs) sont classés dans la catégorie de risque le plus élevé.

Le règlement européen devrait entrer en vigueur dans les États membres de l'UE à partir du 26 mai 2020 et s'appliquera à tous les fabricants vendant des dispositifs médicaux en Europe. Il vise à assurer une meilleure protection de la santé et de la sécurité publique en définissant des exigences et des obligations beaucoup plus strictes que la directive existante 93/42/CEE.

La certification MED-EL est une bonne nouvelle pour les professionnels et les patients.

Dans le cadre de sa stratégie, MED-EL s'est engagé dès 2016 à devenir l'un des premiers fabricants à adopter le MDR. Cette certification est le fruit de plus de trois ans de travail pour permettre une transition de ses dispositifs et de son système de gestion de la qualité vers le nouveau cadre juridique du MDR.

MED-EL s'est toujours engagé à fournir des appareils sûrs et efficaces aux normes les plus élevées. Avec la certification MDR, MED-EL assurera dans les temps la transition de tous ses dispositifs vers ce nouveau standard, tout en garantissant un accès continu et ininterrompu à ses technologies révolutionnaires.

Elizabeth Gfoeller, directrice générale des affaires réglementaires chez MED-EL, a déclaré : « La certification MDR est essentielle à notre entreprise et il a fallu un effort collectif incroyable pour nous assurer que nous sommes conformes avant l'échéance du 26 mai. Nous nous sommes engagés à devenir l'un des premiers à adopter le MDR en 2016, afin de maintenir notre leadership en Europe. Avec la certification MDR en place, nous pouvons maintenant poursuivre notre mission de surmonter la perte auditive et de fournir aux patients et aux professionnels des solutions de pointe répondant à ces nouvelles normes strictes. »

Audioprothésiste rejoignez ÉCOUTER VOIR

AUDITION MUTUALISTE



Devenir salarié

- Des postes disponibles dans le Var, les Alpes-Maritimes et les Bouches-du-Rhône
- Des formations régulières
- Des cabines équipées d'une technologie de pointe
- Une entreprise de l'économie sociale et solidaire



Intégrer votre centre indépendant

- Rejoignez une enseigne nationale déjà bien représentée en région Sud / PACA
- Nous étudions toute offre de reprise de votre centre et de sa patientèle
- Bénéficiez de la certification Quali'Audio



Contactez Lydie Bard

Directrice Pôle Soins & Biens Médicaux



l.bard@lamut.fr

04 93 82 89 06

06 74 79 20 85



www.lamut.fr

la Mut'

AUDITION CONSEIL RECRUTE

AUDIOPROTHÉSISTE D.E.

poste à pourvoir en Alsace
(Bas-Rhin : Strasbourg / Molsheim)

Nous vous proposons d'intégrer un groupe familial implanté dans l'Est de la France, avec une quinzaine de centres (Alsace, Lorraine, Rhône-Alpes, Auvergne) adossés à un groupement d'indépendants.

Vous travaillerez avec une patientèle déjà développée et assurerez le développement et la fidélisation de la clientèle, avec une liberté d'exercice et une autonomie importante. Vous bénéficierez de l'appui de services support au sein d'une équipe d'audioprothésistes et d'assistantes déjà en place.

Vous avez le sens de la relation client et maîtrisez l'ensemble des pratiques techniques du métier.

CDI / Temps plein / Statut cadre et avantages

Pour postuler : merci d'envoyer
CV et lettre de motivation à
Laurence BERTAUD

lbertaud@groupe-schertz.com



auditionconseil.fr



Avec AUDITION CONSEIL
3 solutions pour accompagner
les indépendants :

CRÉER SON ACTIVITÉ

Vous souhaitez vous installer en tant qu'indépendant ?

TRANSFORMER SON CENTRE

Vous êtes déjà en activité et souhaitez bénéficier de la force d'une enseigne nationale ?

S'ASSOCIER OU DEVENIR SALARIÉ

Intégrez un réseau avec plus de 90% de centres exclusifs



Rejoignez AUDITION CONSEIL le 1^{er} réseau
d'audioprothésistes indépendants sous enseigne

Contactez Denis Kocher,
Directeur du développement



acparis@auditionconseil.fr
01 56 56 75 61
06 45 24 93 69



AUDITION CONSEIL fait partie
des meilleures enseignes de France
pour la 3^e année consécutive

auditionconseil.fr

signia

Life sounds brilliant.



ENTENDRE CE QUI COMPTE POUR VOUS.

1^{ers} capteurs acoustiques et de mouvement intégrés
pour une audition sur mesure.

Signia Xperience

- ✓ **Nouveau design**
Nouveau rocker switch
- ✓ **Connectivité Bluetooth**
Appels, musique et TV en streaming
- ✓ **Nouveau chargeur à induction**
Déshumidificateur intégré
- ✓ **Autonomie**
23h sans streaming
- ✓ **Charge rapide**
3 à 4h pour une autonomie complète



signia-pro.fr



Nos aides auditives sont des dispositifs médicaux de classe IIa remboursés par les organismes d'assurance maladie destinés aux personnes souffrant de troubles de l'audition. Avant toute utilisation, il est recommandé de consulter un audioprothésiste ou tout autre professionnel compétent. TUV SUD, CE 0123. Classe 1 : Code générique (Base de remboursement) - de 20 ans : 2325120, droite / 2337749, gauche (1400 €) et + de plus 20 ans : 2351057, droite / 2365119, gauche (300 €). Classe 2 : code générique (Base de remboursement) - de 20 ans : 2307926, droite / 2396117, gauche (1400 €) et + de plus 20 ans : 2392530, droite / 2341840, gauche (300 €). Pour un bon usage, veuillez consulter le manuel d'utilisation. 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 marques, images 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.



NOUVEAU

livio Edge^{AI}

Une génération sonore
au-delà du possible



Intelligence Artificielle

Pour tous les profils



Mode Edge

Ajustements en temps réel dans
les environnements sonores
difficiles ou complexes



Rechargeable sur mesure

Les premiers intra-auriculaires
rechargeables Lithium-ion
au monde



À DÉCOUVRIR

sur notre stand n° D1/D2 au Congrès UNSAF
les 27 et 28 mars 2020