



DISPOSITIFS MÉDICAUX
& PROGRÈS EN

AUDIOLOGIE

Sommaire

3

PRÉFACE

4

L'innovation à l'écoute des patients

7

AIDE AUDITIVE NON INVASIVE ET ADAPTABLE EN CONDUCTION AÉRIENNE

Une voie « conventionnelle » à l'essor exceptionnel

13

AIDE AUDITIVE NON INVASIVE ET ADAPTABLE EN CONDUCTION OSSEUSE

Le crâne au cœur de l'innovation

15

IMPLANT DE L'OREILLE MOYENNE

Amplifier les mouvements des osselets plutôt que du tympan

19

IMPLANT COCHLÉAIRE

Une innovation de rupture

25

IMPLANT SUR TRONC CÉRÉBRAL

Entendre sans oreille

27

IMPLANT PAR CONDUCTION OSSEUSE

Les implants au service de la vibration osseuse

31

GLOSSAIRE

Les mots techniques ou scientifiques expliqués sont accompagnés dans le texte du symbole 

34

SOURCES et REMERCIEMENTS

Préface

Des innovations qui s'inscrivent dans la vie



Pr. Bruno FRACHET,
Hôpital Rothschild, Paris 12^e

En audiologie, les dispositifs médicaux sont toujours en pleine croissance. L'innovation est continue, l'émulation est forte entre les fabricants, au plus grand bénéfice des personnes sourdes.

A la pauvreté des traitements médicaux s'oppose la richesse de la palette de ces dispositifs de la surdité légère à la surdité complète. Quelle satisfaction pour les praticiens

de choisir le matériel le plus adéquat ! L'indication doit tenir compte de la profondeur, de l'importance de la surdité, des demandes du patient pour dissimuler ce qui le stigmatise, c'est-à-dire la visibilité de l'appareillage. Il faut aussi tenir compte des habitudes de la personne, de ses situations d'écoute : musique, sport, réunions...

Ces dispositifs s'inscrivent dans sa vie. Quelle aide auditive maintenant, tout de suite ? Quel progrès technologique à venir et quand ? Quel chemin de retour est possible ? L'implantation cochléaire détruit habituellement, plus ou moins rapidement, les restes auditifs. Aussi cette innovation de rupture sera-t-elle plutôt l'étape finale de la réparation. Tenons compte de l'âge du malentendant !

Un enfant implanté en 2015 à l'âge de 2 ans a une espérance de vie de l'ordre de 85 ans... Les praticiens qui s'occuperont de lui à sa maturité ne sont pas encore nés. Quels sont les progrès attendus ? Compte tenu du

foisonnement de l'innovation, des progrès généraux comme celui des accus⁺, des progrès biologiques vis à vis de la régénération des cellules, on peut s'attendre à beaucoup. Peut-être l'abandon de l'électricité pour une stimulation par la lumière ? Peut-être une régénération des cellules qu'on stimulera ?

On avance petit à petit. Les dispositifs aujourd'hui sont extrêmement solides et performants, avec des durées de vie particulièrement remarquables, qu'il s'agisse des aides auditives conventionnelles exposées à la pluie et à la sueur, ou des implants baignés dans les liquides interstitiels. Construire des dispositifs en audiologie, c'est aussi résoudre des problèmes d'humidité !

Répondant à la demande du public, les dispositifs deviennent également communicants, l'oreille droite avec l'oreille gauche, l'implant d'un côté avec l'aide conventionnelle controlatérale, pour permettre toutes les focalisations de la source sonore, mais aussi avec le téléphone et la télévision dont le son arrive directement dans l'appareil, qu'il soit implantable ou non.

Et, naturellement, en exploitant la mise en commun de compétences et de perfectionnements, on assiste à une convergence des activités des fabricants : offre par un même fabricant de compensations de la surdité légère à la surdité totale, réponse à l'approfondissement de la surdité avec une même télécommande, échange de solutions entre les divers matériels. L'avenir est rempli de promesses. C'est nécessaire car les distorsions auditives résistent encore aux solutions actuelles ! ■

L'innovation à l'écoute

De la main portée derrière l'oreille – premier amplificateur naturel – aux appareils numériques aux capacités de calcul phénoménales, de nombreuses étapes ont été franchies pour permettre à l'Homme d'entendre correctement.

Les êtres humains ont toujours rivalisé d'ingéniosité pour améliorer leur audition. D'abord naturellement, en plaçant leur main en creux derrière le pavillon[©] de leur oreille pour amplifier les sons, puis, du V^e au XV^e siècles, grâce à des ustensiles modelés à partir de cornes d'animaux et de coquillages. Les premiers cornets acoustiques étaient nés. Ces derniers n'ont par la suite eu de cesse de se mécaniser et de se perfectionner. Dès 1757, le D^r Claude Nicolas le Cat, chirurgien français, inventait un cornet acoustique proposant une amplification du son comprise entre 5 et 15 décibels[©] (dB). Les premiers appareils, à l'image du cornet utilisé par le Professeur Tournesol dans la bande dessinée *Tintin*, étaient en tôle, argent, bois, cuivre ou autre alliage. Ils permettaient de recueillir les ondes sonores et de les orienter directement dans le conduit auditif. Ils étaient de différentes tailles et formes. À tel point qu'en 1841,

6 millions

C'est environ le nombre de personnes atteintes de troubles de l'audition en France. Un cinquième d'entre elles sont équipées d'appareils auditifs (Source : INPES)

le chirurgien britannique spécialisé dans l'oreille, John Harrison Curtis, mit au point un fauteuil acoustique flanqué, sur chaque bras, de deux cornets destinés à capter le son et de deux tubes d'air comprimé chargés de l'amplifier.

BOND ÉLECTRIQUE

La première révolution audiolgogique a lieu en 1899 lors de la création de la première aide auditive électrique (*voir chapitre suivant*). Celle-ci, révolutionnaire, permettait une amplification

1899



Première aide auditive électrique et portable

1923



Première aide auditive électrique à conduction osseuse

1948



Utilisation des transistors

1952



Premier contour d'oreille

1957



Pose du premier implant cochléaire

1975



Premiers intra-auriculaires

des patients

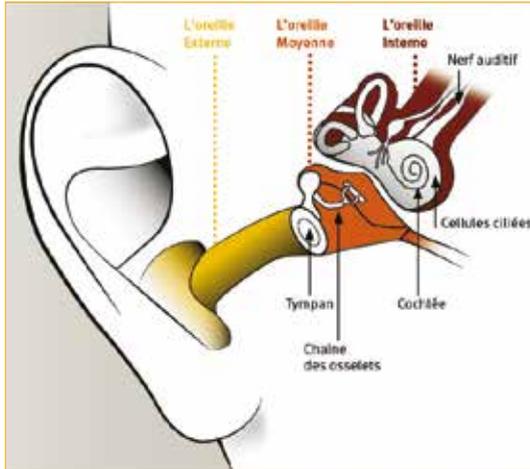


Schéma de l'oreille.

réglable et était constituée d'un micro composé de granules de charbon porté autour du cou, d'un amplificateur (un tube à vide) et d'une batterie. Dès lors, les recherches se concentrèrent sur l'amélioration du rendement du micro. En effet, le gain de cet appareil, à ses débuts, n'était que de 10-15 décibels (dB). Dès 1924, ce gain put passer à 47 dB grâce à un « booster » ajouté à l'appareil.

Des progrès concernèrent également la taille des appareils. Dans les années vingt, les appareils fonctionnant grâce à des tubes à vide se généralisèrent. Ils se portaient dans une poche ou un sac au lieu d'être placés sur une table ou dans une valise. Ils furent ensuite remplacés par les appareils à transistor... ce qui constitua la deuxième grande révolution du secteur de l'audiologie. Le transistor, de petite taille, ouvrit la voie à des modèles miniaturisés : les contours d'oreilles (1952), les lunettes dans les >>>

À SAVOIR

TROIS TYPES DE PERTE AUDITIVE

La perte auditive de transmission : l'oreille externe ou l'oreille moyenne ne fonctionne pas correctement et les sons n'atteignent pas l'oreille interne. Ce type de perte auditive est généralement traité par chirurgie ou traitement médicamenteux.

La perte auditive de perception : l'origine se situe généralement au niveau de l'oreille interne, partie fragile de la chaîne auditive. Dans ce cas, les cellules ciliées[Ⓢ] de la cochlée[Ⓢ], endommagées, ne transmettent plus les impulsions neuroélectriques au cerveau. Cette perte auditive peut être congénitale ou intervenir après la naissance. En effet, la disparition des cellules ciliées de la cochlée fait partie du processus de vieillissement et provoque une baisse progressive de l'acuité auditive. On parle alors de presbyacousie.

La perte auditive est **mixte** lorsqu'une surdité de perception est associée à une surdité de transmission.

1977



Pose du premier implant par conduction osseuse

1996



Premier appareil auditif totalement numérique

1998



Essor des implants de l'oreille moyenne

2010



Développement des technologies Bluetooth

>>> branches desquelles étaient montées les aides auditives (1954) puis les intra-auriculaires (1975). Il permit en outre le traitement du son de façon analogique, renforçant ainsi la performance des différents appareils auditifs.

SURSAUT VIBRATOIRE

Parallèlement au progrès des aides auditives fonctionnant par conduction aérienne (le message acoustique, amplifié par l'aide auditive, est restitué dans le conduit auditif au moyen d'écouteurs), se développèrent des aides auditives fonctionnant par conduction osseuse. Ces dernières (utilisées lorsque le conduit auditif externe ne permet pas d'être exploité pour transmettre le son en aérien) furent développées dès le XIX^e siècle. Elles connurent un véritable essor en 1923, lorsqu'apparurent les premiers vibrateurs électriques. Placés au niveau de l'os du crâne derrière l'oreille, ces derniers permettaient à l'oreille interne de capter les sons que l'oreille moyenne ne pouvait plus transmettre.

DES AIDES « INTELLIGENTES »

En 1996, un pas important fut franchi avec l'invention du premier appareil entièrement numérique : un microprocesseur [Ⓞ] analysait et restituait désormais le son en quelques millièmes de seconde dans l'écouteur. En fonction du son (bruit ou parole, intensité, fréquence, provenance...), celui-ci était traité et amplifié différemment. La compréhension de la parole dans le bruit était considérablement améliorée.

Ce type de microprocesseur intègre aujourd'hui la totalité des aides auditives existantes, implantables comme non implantables. Ces dernières, avec leurs algorithmes [Ⓞ], ont désormais plus de capacités de calcul que n'en avait la navette spatiale Apollo 11. Et ce, tout en continuant à se miniaturiser, jusqu'à pouvoir être totalement placées dans le conduit auditif (dispositifs intra-canal auditif) ou sous la peau (implants) !

BOUCLE MAGNÉTIQUE

Par ailleurs, depuis les années cinquante, grâce au système de boucle auditive (système utilisant une boucle d'induction magnétique [Ⓞ]), le son provenant du micro d'un orateur, d'un équipement de sonorisation ou encore d'un poste de télévision est directement transmis à l'appareil auditif de la personne qui peut ainsi l'entendre sans être gênée par des bruits ambiants. Ce système peut être utilisé dans des lieux publics (salles de conférence, cinéma etc.) comme à domicile. Depuis quelques années, avec l'arrivée des technologies de la communication sans fil haut débit, proposées désormais par la plupart des fabricants d'aides auditives, les personnes appareillées disposent en prime de l'accès direct à leurs appareils wi-fi ou bluetooth (ordinateurs portables, téléphones mobiles, lecteurs MP3...).

LA VOIE DE L'IMPLANT ?

Les implants auditifs peuvent être une voie de recours lorsque les aides auditives non invasives ne sont pas suffisantes pour régler les troubles d'audi-

À SAVOIR

L'AUDITION ISSUE D'UN PARTENARIAT OREILLE-CERVEAU

L'oreille est divisée en trois parties. **L'oreille externe**, composée du pavillon et du conduit auditif qui mène jusqu'au tympan [Ⓞ], capte, amplifie et focalise les sons vers **l'oreille moyenne**. Lorsque les ondes sonores frappent le tympan, celui-ci se met à vibrer. Ces vibrations parviennent jusqu'à **l'oreille moyenne** constituée de trois petits os articulés (le marteau, l'enclume et l'étrier) formant la chaîne ossiculaire. Ces osselets les transmettent jusqu'à une membrane appelée fenêtre ovale, située à l'entrée de **l'oreille interne**. Cette dernière renferme la cochlée, une structure en forme de spirale composée de 15 000 cellules ciliées capables de transformer les vibrations en signaux électriques transmis par le nerf auditif jusqu'au cerveau. C'est essentiellement à ce niveau que les sons seront traités, interprétés et mémorisés.

tion. Ils constituent, qu'il s'agisse de l'implant cochléaire, de l'implant de l'oreille moyenne, de l'implant sur le tronc cérébral ou de l'implant par conduction osseuse, de véritables prouesses à la fois technologiques et chirurgicales. Apparus dans les années cinquante et soixante-dix, ils ouvrent de nouvelles perspectives. ■

AIDE AUDITIVE NON INVASIVE ET ADAPTABLE EN CONDUCTION AÉRIENNE

Une voie
« conventionnelle »
à l'essor
exceptionnel

Les aides auditives dites conventionnelles, qui transmettent le son aux patients par conduction aérienne, sont les plus répandues chez les patients souffrant de déficience auditive. Elles ont bénéficié des progrès de la miniaturisation électronique et du numérique.

À QUOI ÇA SERT ?

Ce sont les aides auditives les plus couramment utilisées pour corriger les pertes auditives de légères à profondes. Elles équipent près de 99 % des patients porteurs d'une aide auditive non implantable. Elles se présentent sous la forme de contours d'oreilles et d'intra-auriculaires voire, plus rarement, de lunettes auditives (*voir encadrés 1 et 2*). Ces appareils peuvent être préconisés pour des surdités de transmission, de perception ou mixtes, même s'ils compensent, la plupart du temps, des affections de la perception et donc de l'oreille interne. Ils ne peuvent être portés que si l'oreille externe du patient est intègre.



Aide auditive enfant.

COMMENT ÇA MARCHE ?

Le son est capté par un ou plusieurs microphones. Le signal est traité par un microprocesseur, amplifié en fonction de la perte auditive du patient puis retransmis dans le conduit auditif externe à l'aide d'un écouteur. Différentes formes, puissances et niveaux de sophistication existent et le choix de ces caractéristiques dépend de l'importance de la surdité et du milieu de vie dans lequel évolue la personne malentendante.

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

Les premières aides auditives conventionnelles « modernes » virent le jour à la fin du XIX^e siècle, avec l'adaptation du principe d'amplification électrique aux appareils auditifs. À cette époque, lesdits appareils se présentaient sous la forme d'un écouteur relié à un microphone au carbone alimenté par des batteries. Assez volumineux et lourds, ils étaient souvent des modèles de table. Une nouvelle étape fut donc franchie avec Miller Reese Hutchinson qui, dès 1899, créa aux États-Unis la première aide auditive électrique portable à tube à vide, baptisée Acousticon (du grec « entendre » et « parler »). Pour l'utilisateur, il s'agissait « *d'une nette amélioration par rapport aux cornets acoustiques* » qui préexistaient, car cet appareil offrait « *plus de puissance* », expliquent Mireille Tardif et Lyne >>>

Bourbonnais, audiologistes⁶ de l'Institut Raymond Dewar (Centre canadien de réadaptation spécialisé en surdité et en communication), dans un article retraçant l'histoire des aides auditives, paru en juin 2012 dans la revue *Sourdine*. Le ou les microphones étaient « souvent tenus avec la main » ou « placés dans une petite boîte pour plus de stabilité » et portés autour du cou, précisent-elles. Seul bémol : le mouvement des particules de carbone du microphone (lié au mouvement de la personne malentendante) créait un bruit de fond qui gênait la compréhension de la parole.

AMPLIFICATION À PLEIN TUBE

Dès le début des années vingt, les tubes électroniques (ou « tubes à vide ») servirent d'amplificateurs de signal à tous les appareils auditifs. Trois à six tubes étaient utilisés pour accroître la puissance des appareils. Ils avaient l'avantage d'offrir une plus grande amplification et une meilleure qualité sonore. Les dispositifs en question étaient constitués d'un récepteur au niveau de l'oreille, d'un microphone et



de deux batteries, « l'une pour réchauffer les tubes et l'autre pour faire fonctionner l'amplificateur », décrivent les deux audiologistes canadiennes. Ils comportaient deux boîtiers : le premier réservé aux piles et le second aux autres composantes de l'appareil. Ils étaient portés autour du cou, à la ceinture

ou dans un sac. Par la suite, l'ensemble fut réuni en un seul boîtier. « Au début des années quarante, les personnes malentendantes utilisaient uniquement les appareils à tubes à vide », révèlent Mireille Tardif et Lyne Bourbonnais.

1947



Révolution du transistor

1952



Premier contour d'oreille

1954



Premières lunettes auditives par conduction aérienne

1975



Premier intra-auriculaire

1980-1990



Apparition des appareils pilotés par télécommande

DEUX GRANDES « FAMILLES » D'APPAREILS AUDITIFS NON INVASIFS

> Les contours d'oreilles :

Ils correspondent à la partie électronique de l'appareil. Ils se placent derrière le pavillon de l'oreille et sont reliés à un embout situé dans le conduit auditif à l'aide d'un tube transparent. L'écouteur (ou haut-parleur) se trouve à l'intérieur du boîtier. Le tube permet la transmission du son dans le conduit. L'embout est un moulage en acryl[®] ou en silicone adapté à la morphologie du conduit auditif.

Les mini-contours (ou solutions open-fit) :

Apparus en 2004, ils reposent sur le même principe que les contours d'oreilles. La partie électronique se situe ainsi derrière le pavillon. En revanche, leurs écouteurs entrent (un peu) dans le conduit auditif et peuvent revêtir plusieurs formes : les micro-canules[®] universelles (en acryl ou en plastique très aéré)

qui permettent une bonne ventilation du conduit auditif ; les micro-embouts sur mesure. Ces appareils, de taille réduite, permettent à des personnes atteintes de pertes auditives légères de s'appareiller et d'éviter les difficultés d'adaptation liées aux contours d'oreilles classiques et aux intra-auriculaires.

Les contours d'oreilles à écouteurs déportés :

Il s'agit de mini-contours nouvelle génération. L'écouteur est positionné directement dans le conduit auditif. Il est relié à l'appareil situé derrière l'oreille par un fil électrique. Ceci permet d'obtenir un appareil plus discret. Il permet de corriger des pertes auditives de plus de 80 dB.

> Les intra-auriculaires :

Ils se placent dans des sections plus ou moins

profondes du conduit. Conçus sur mesure, ils sont de plusieurs types :

- l'intraconque qui remplit entièrement le pavillon de l'oreille ;
- l'intra-conduit placé dans le conduit auditif externe ;
- l'intra-canal dont toute l'électronique est contenue dans une coque logée entièrement et profondément dans le conduit auditif ; très discret, il n'est pas indiqué en cas de conduit trop étroit et de surdité sévère.

Créés récemment, de nouveaux intra-auriculaires peuvent être positionnés dans le conduit auditif au plus près du tympan sans avoir à être insérés et retirés chaque jour. Analogiques et non numériques, ils comportent une pile longue durée à changer tous les trois mois seulement.

1993



Premier intra-auriculaire introduit complètement dans le conduit auditif (intra-canal)

1996



Première aide auditive numérique (contour d'oreille)

2000-2005



Apparition des systèmes anti-effet Larsen[®] et des mini-contours

2007-2008



Premiers systèmes à écouteurs déportés

2010



Essor de la connectivité radio et Bluetooth

LA RÉVOLUTION DU TRANSISTOR

Le transistor fut mis au point en décembre 1947. Ce composant électronique a la faculté de moduler et d'amplifier un signal électrique. Il révolutionna le fonctionnement des aides auditives puisqu'il permit à ces dernières de traiter le son de manière analogique. Ainsi, les sons, captés par le micro, étaient transmis à l'écouteur après être passés par l'amplificateur qui les traitait conformément aux réglages prévus par l'audioprothésiste⁶. En outre, le transistor, infiniment plus petit que le tube à vide, permit, dans les années cinquante, la fabrication d'aides auditives assez petites pour être camouflées à l'intérieur d'une barrette à cheveux ou d'une pince-cravate (un petit fil caché dans les vêtements ou les cheveux acheminait le son jusqu'à l'oreille) voire pour être portées directement sur l'oreille. De nouveaux modèles de différentes formes se développèrent : les contours d'oreilles en 1952 et les lunettes auditives par conduction aérienne en 1954. Ces appareils furent très populaires dans les années soixante. La fabrication d'appareils à tubes fut quant à elle abandonnée.

En 1975, un nouveau type de microphone dit

À SAVOIR

En 1983, le Président des États-Unis, Ronald Reagan, porteur d'un appareil auditif intra-canal, permit de mieux faire accepter ces appareils au grand public.



électret (qui existe encore aujourd'hui) équipa les aides auditives transistorisées. Plus petit, moins sensible aux chocs et possédant une bande passante très large, ce microphone améliora considérablement le rendement des appareils auditifs. Parallèlement, la miniaturisation des circuits électroniques progressa au point de pouvoir installer l'amplificateur et ses composants directement dans l'embout auriculaire : dès 1975, les premiers intra-auriculaires (les intra-conques⁶) qui contenaient plus de 1000 transistors, firent leur apparition.

QUALITÉ ET CLARTÉ DU SON

Outre l'électronisation et la miniaturisation des composants, la qualité du signal sonore transmis aux personnes appareillées fut perfectionnée. « Les

premiers appareils auditifs électroniques traitaient le volume du son mais pas la qualité du son, témoigne Eric Bizaguet, Président d'honneur et Délégué général chargé de mission auprès des pouvoirs publics pour le Collège national d'audioprothèse. En conséquence, lorsque les personnes souffrant de perte auditive augmentaient le volume du son transmis par leur appareillage, tous les sons étaient amplifiés sans distinction. Les sons forts leur parvenaient donc trop forts et, lorsqu'elles baissaient le volume, elles ne percevaient plus les sons faibles. » Une deuxième génération de produits avait permis un autoréglage partiel de la qualité du son : ils étaient en effet dotés d'un système qui « mesurait » l'intensité du bruit et « coupait » les sons trop forts. Toutefois, « une troisième génération de produits,

600 000

Entre 550 et 600 000 aides auditives conventionnelles sont vendues chaque année en France.

née dans les années soixante-dix quatre-vingt, permet de filtrer les sons graves et/ou les aigus », explique Eric Bizaguet. Cela améliora considérablement le confort des patients. Dès les années quatre-vingt, les aides conventionnelles les plus puissantes autorisaient quelques réglages au niveau de la tona-

lité, du volume maximum de sortie (destiné à éviter les traumatismes sonores), du gain et de la compression du son. Et, en 1986-1987, les résistances, ou diodes, furent placées en série au sein de l'amplificateur afin de démultiplier un peu plus le nombre de réglages possibles et ainsi de s'adapter aux petites comme aux grandes surdités.

L'APPORT DU NUMÉRIQUE

Puis les premières aides auditives programmables firent leur apparition. Auparavant, les résistances contenues dans l'amplificateur étaient modulées une à une par l'audioprothésiste grâce à de petits tournevis. À compter de 1987, les performances des aides auditives étaient réglées par le biais d'un logiciel (plus précisément, d'une interface de programmation sur un module de programmation, appelée à devenir, plus tard, des ordinateurs) et d'un câble électrique. Ainsi, le traitement du signal restait analogique mais la programmation devenait numérique. Les appareils auditifs entièrement numériques arrivèrent en 1996. Les transistors furent remplacés par une puce électronique capable de traiter des milliers d'informations à la seconde. Les possibilités de réglages, lesquels étaient organisés en différents programmes, sont devenues infinies. « Les appareils étaient désormais capables, grâce à des algorithmes, d'analyser et de comparer les sons : ceux qui venaient de devant, de derrière, de gauche ou de droite, ceux qui étaient graves et aigus ou encore ceux qui relevaient du bruit ambiant et de la parole », détaille Eric Bizaguet. Ils s'auto-régulaient et étaient

DES LUNETTES POUR... ENTENDRE

Il est possible d'ajouter sur une monture de lunettes un contour d'oreille avec écouteur intégré à la branche pour la correction des surdités de perception et mixtes. Le son est transmis par un écouteur et un tube dans le conduit auditif. Il s'agit alors de lunettes auditives par conduction aérienne. Elles sont, à l'heure actuelle, réglables numériquement. Il est également possible d'adjoindre à une monture de lunettes un vibreur pour les surdités de transmission et mixtes. Il s'agit alors de lunettes auditives par conduction osseuse (voir chapitre suivant).

en mesure de privilégier les sons les plus importants, tels que les paroles, et d'atténuer les sons parasites. Ils pouvaient ainsi s'adapter aux caractéristiques spécifiques des surdités de chaque personne. « Grâce à ces appareils, les patients sont passés de 30-40 % à 70 % de gain d'audition », poursuit Eric Bizaguet.

Ces nouveaux appareils étaient équipés d'un microphone multidirectionnel. Ils pouvaient, chez les patients qui en portaient deux (un par oreille), être interconnectés : l'appareil de l'oreille gauche pouvait être relié à l'appareil de l'oreille droite pour que les informations captées par chacun d'eux puissent être échangées et analysées. Cela évitait les déséquilibres de réglage et de rapport bruits/paroles entre les deux oreilles.

>>>



Station de charge



INNOVATION PERMANENTE

Dans le même temps, la miniaturisation a continué d'être une préoccupation pour les fabricants. La taille des circuits étant de plus en plus petite, les intra-auriculaires ont pris moins d'espace dans la conque de l'oreille au point de s'insérer presque complètement dans le conduit auditif puis complètement (en 1993) : l'intra-canal était né. Quant aux contours d'oreilles, dont les dimensions étaient comprises entre 8 et 10 cm de large, ils ont perdu en volume pour ne mesurer aujourd'hui que 2 cm de large et ne peser que 2 grammes.

« Actuellement, de nouvelles générations de produits, souvent plus performants, apparaissent en moyenne tous les deux ans », relate Eric Bizaguet. Les écouteurs des appareils sont plus petits et plus efficaces tandis que les piles gagnent en durée

d'utilisation et sont, pour certaines, rechargeables. Par ailleurs, depuis les années 2000-2005, des systèmes anti-effet Larsen équipent les nouveaux appareils afin d'éviter les sifflements aigus causés par les retours d'amplification de l'écouteur au microphone. Les nouveaux systèmes ouverts, ou open-fit (voir encadré), éliminent l'effet de résonance dont certaines personnes souffraient avec leurs autres appareils. En outre, les nouveaux systèmes à écouteurs déportés, nés dans les années 2007-2008, envoient le son directement à l'intérieur du conduit auditif. Par ailleurs, les nouvelles générations d'intra-auriculaires et de contours d'oreilles sont de plus en plus résistants à l'eau, à l'acidité de la peau et de la transpiration ainsi qu'aux poussières grâce à de nouveaux traitements de surface.

À L'HEURE DE LA CONNECTIVITÉ

Depuis les années quatre-vingt quatre-vingt-dix, certains patients peuvent, à l'aide d'une télécommande, piloter à distance leur appareil auditif : l'allumer, l'éteindre, lancer certains programmes, augmenter ou baisser le volume du son etc. Ils peuvent désormais, par le biais de cette télécommande, connecter directement leur appareil (si celui-ci dispose d'un système infrarouge ou, notamment, Bluetooth) à plusieurs périphériques comme les radios, les téléviseurs, les téléphones, les GPS et les lecteurs MP3. « Les patients reçoivent le son émis par ces périphériques directement dans leurs deux oreilles, souligne Eric Bizaguet. À l'avenir, ils pourront très certainement se passer d'une télé-

« J'AVAIS PERDU L'AUDITION PROGRESSIVEMENT, INSIDIEUSEMENT »
Fernand Faccenda, 66 ans, retraité.

« Je porte des contours d'oreilles depuis six ans. Ils sont devenus, au quotidien, à la fois logiques et naturels pour moi. J'avais perdu l'audition progressivement, insidieusement. Et il est vrai que la première fois que j'ai porté un appareil auditif, j'ai ressenti une très grande émotion. J'avais soudain et de nouveau accès à un large spectre sonore. C'était comme une renaissance. Mes nouveaux contours d'oreilles, que je porte depuis deux mois, comportent deux programmes : un programme d'audition normal et un programme d'audition pour les milieux bruyants. Avec ces contours d'oreille, le micro devient directionnel et je peux ainsi mieux entendre et comprendre mes interlocuteurs. Le brouhaha ambiant est atténué. En outre, mon appareil est tellement petit que je ne le sens plus. La pile, de 5 mm de diamètre et de 2 ou 3 mm d'épaisseur, est plus petite qu'un bouton de chemise ! Et je suis certain que de nombreux progrès sont encore à venir en termes de miniaturisation comme de fonctionnalités. »

commande ou d'une quelconque autre interface. Leurs appareils recevront le son de ces périphériques rien qu'en appuyant sur le bouton On/Off desdits périphériques. » ■

AIDE AUDITIVE NON INVASIVE ET ADAPTABLE EN CONDUCTION OSSEUSE

Le crâne au cœur de l'innovation

La conduction osseuse désigne le phénomène de propagation du son jusqu'à l'oreille interne via les os du crâne. Grâce à elle, l'écoute se fait directement par les vibrations des os du crâne et s'affranchit du passage par le conduit auditif et l'oreille moyenne.

À QUOI ÇA SERT ?

Les aides auditives par conduction osseuse pallient des surdités de transmission causées par des pathologies de l'oreille moyenne. L'oreille interne restant fonctionnelle, l'objectif est de court-circuiter l'oreille externe et l'oreille moyenne.

Ces aides sont également utilisées en cas de contre-indication au port d'un appareillage conventionnel (en cas de malformation de l'oreille externe, par exemple) ou de cophose[Ⓞ] unilatérale (surdité totale de l'une des deux oreilles).

COMMENT ÇA MARCHE ?

Ces appareils utilisent la capacité intrinsèque de l'os à relayer les vibrations sonores. Celles-ci sont captées par un microphone et sont directement transmises à l'os temporal (plus précisément, à la mastoïde[Ⓞ]) via un vibreur placé derrière l'oreille. Cela permet la mise en vibration de la paroi osseuse qui entoure la cochlée qui, au sein de l'oreille interne, sert à percevoir les sons.

Ces dispositifs se présentent sous plusieurs aspects : ils peuvent prendre la forme de lunettes dont les branches contiennent l'écouteur, l'amplificateur et le vibreur ; parfois, le vibreur est appliqué sur l'os temporal au moyen d'un bandeau ou d'un serre-tête et s'accompagne d'un boîtier externe et de contours d'oreilles.

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

Dès 1551, Girolama Cardano, médecin et mathématicien italien, rédigeait un article dans la revue *De Subtilitate* sur la manière dont le son pouvait être transmis jusqu'à l'oreille au moyen d'une tige tenue entre les dents. En 1757, un vieux commerçant allemand du nom de Jorrison constata qu'il pouvait entendre distinctement la musique lorsque la pipe qu'il avait en bouche touchait accidentellement le clavecin à côté duquel il était assis. En 1812, le chirurgien Jean-Marc Gaspard Itard développa un système de conduction osseuse : une tige en bois que l'orateur et son interlocuteur devaient tenir entre leurs dents pour que ce dernier puisse l'entendre. Dès 1821, il publiait le *Traité des maladies de l'oreille et de l'audition* qui contenait plusieurs illustrations de systèmes auditifs, dont celui de la conduction osseuse.

LA RÉVOLUTION DE 1879

La première véritable aide auditive à conduction osseuse, baptisée dentaphone, naquit en 1879 aux États-Unis. « *Il s'agissait d'une fine membrane fixée au bout d'une tige que les sons faisaient vibrer*, explique Eric Bizaguet, Président d'honneur et Délégué général chargé de mission auprès des pouvoirs publics pour le Collège national d'audioprothèse. *L'autre extrémité de la tige étant placée dans la bouche, les vibrations sonores étaient transmises dans les dents puis stimulaient l'oreille interne par conduction osseuse.* » Le dentaphone >>>

>>> mesurait environ 32 cm sur 22 cm. Une version plus grande avait été créée pour être utilisée dans de vastes pièces comme les auditoriums et les théâtres. C'est ce système qui permit à Ludwig van Beethoven, touché par une surdité partielle dès l'âge de 26 ans, de percevoir une partie des vibrations acoustiques de son piano (voir encadré).

LE XX^e ÉLECTRIQUE ET ÉLECTRONIQUE

Une nouvelle étape majeure fut franchie en 1923, lorsqu'apparurent les premiers vibrateurs électriques à conduction osseuse mis au point par Augustus G. Pohlmann et Frederick W. Kranz. Ils étaient destinés

À SAVOIR

Le mot sonotone vient de l'entreprise américaine du même nom qui fabriquait des aides auditives de 1929 à 2005 et qui, en 1932, mit au point le premier appareil auditif à conduction osseuse portable.

à l'utilisation de certains audiomètres et de certaines aides auditives de table. Il fallu attendre moins de dix ans (1932) pour que le premier appareil auditif à conduction osseuse portable soit créé. Le brevet relatif à cet appareil, dont le design et le fonctionnement sont toujours d'actualité, fut déposé en 1939. Ces aides disposaient d'un vibrateur qui, pour la plupart des modèles, était maintenu derrière l'oreille grâce à un serre-tête ou un bandeau. Elles se généralisèrent par la suite avec l'apparition des lunettes à conduction osseuse dans les années cinquante. Enfin, les aides à conduction osseuse électroniques, programmables, permirent, dès la fin des années quatre-vingt-dix, le traitement dynamique des signaux sonores et le filtrage intelligent des sons. « Les plus récentes intègrent toutes les solutions de connectivité en Bluetooth pour percevoir les sons d'une télévision, d'une radio, d'un ordinateur ou d'une tablette numérique », complète Eric Bizaguet.

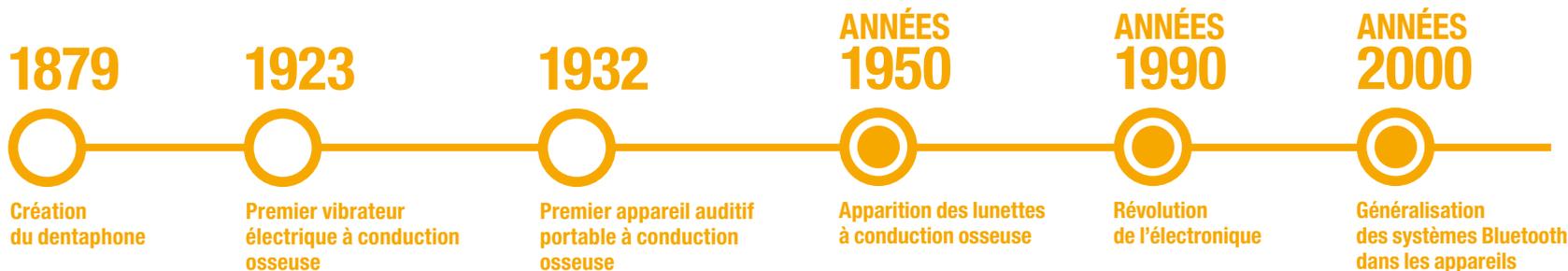
LA VOIE DE L'ANCRAGE OSSEUX

Parallèlement, entre 1990 et 1995, vinrent les appa-

1%

Rares, les affections de l'oreille moyenne peuvent souvent être corrigées par la chirurgie. C'est pourquoi les aides auditives à conduction osseuse représentent, à l'heure actuelle, 1% du marché des aides auditives.

reils auditifs à ancrage osseux. « Le vibrateur est désormais placé sur un pilier directement implanté dans la mastoïde, détaille Eric Bizaguet. Le vibrateur étant directement en contact avec l'os, la conduction osseuse est facilitée ». Le pilier est posé par un chirurgien. L'aide auditive, adaptable sur le pilier après trois mois d'ostéo-intégration, est quant à elle positionnée et réglée par un audioprothésiste dans un centre agréé. Cette technique, à la frontière entre l'aide invasive (implant) et non invasive, ouvre de nouvelles perspectives, notamment en matière d'implants (voir p.27). ■



IMPLANT DE L'OREILLE MOYENNE

Amplifier les mouvements des osselets plutôt que ceux du tympan

Les implants d'oreille moyenne ont pour particularité la stimulation mécanique directe de l'oreille moyenne, le plus souvent au niveau de la chaîne ossiculaire. Les vibrations sonores arrivent à l'oreille en aval du tympan.

À QUOI ÇA SERT ?

Tout comme les appareils auditifs à conduction osseuse, les implants de l'oreille moyenne captent les sons et les transforment en vibrations. A ceci près qu'ils délivrent ces vibrations non pas à l'os de la mastoïde mais directement à l'oreille moyenne. Les mouvements de la chaîne ossiculaire peuvent être plus amples, réglables et reproduisent le mouvement de la membrane du microphone. Le son est ensuite transmis normalement à l'oreille interne, encore plus en aval. Les implants d'oreille moyenne sont destinés aux personnes atteintes d'une surdité neurosensorielle [Ⓞ] légère à sévère et, dans certains

cas, à ceux atteints d'une surdité de transmission ou d'une surdité mixte. Ils sont également proposés aux patients qui, pour une raison médicale, ne tolèrent pas la présence de corps étrangers dans le conduit auditif (sujets à des inflammations chroniques ou à de l'eczéma dans le conduit auditif intraitable, par exemple) ; aux patients dont le conduit auditif ne peut être obstrué pour des raisons personnelles ou professionnelles comme les musiciens, les chanteurs ou les professionnels de santé qui ne souhaitent pas entendre les composantes harmoniques déformées par l'effet occlusif [Ⓞ] ; enfin, aux patients qui ont besoin d'avoir une bonne perception des fréquences aiguës. >>>



COMMENT ÇA MARCHE ?

Les implants de l'oreille moyenne sont fixés, habituellement, sur le deuxième des trois osselets de la chaîne ossiculaire, l'enclume. Dans certains cas, on utilise un site de fixation encore plus près de l'oreille interne, un reliquat d'osselet voire la fenêtre ronde. Ces systèmes sont semi-implantables avec une partie interne implantée comportant le système

À SAVOIR

TELS DES BATTEMENTS DE CŒUR DE FOURMI

Geoffrey Ball, inventeur de l'implant de l'oreille moyenne intégrant la technologie de l'aimant mobile placé dans une bobine (voir ci-contre), a un jour déclaré « que la quantité de vibrations nécessaires pour stimuler l'audition est semblable aux battements de cœur d'une fourmi ». Il est lui-même atteint d'une surdité neurosensorielle.

vibrateur fixé à un endroit adéquat de la chaîne des osselets. La partie externe, quant à elle, est un dispositif en forme de pièce de monnaie porté au-dessus du pavillon et maintenu par aimantation. Elle comporte la pile, le microphone et l'électronique. « Ces implants augmentent la vibration mécanique de la chaîne ossiculaire, détaille le Pr Bruno Frachet, chirurgien au Centre de référence des implants cochléaires (CRIC) de l'hôpital Rothschild à Paris. Deux systèmes existent. Le premier est un système piézoélectrique[Ⓞ] par lequel un petit cristal se met à vibrer sous l'effet d'un courant électrique issu du microphone, ce qui a pour effet de faire vibrer l'osselet sur lequel l'implant est fixé. C'est robuste comme le sont les montres à quartz fonctionnant sur le même principe. Le second est un système électromagnétique avec une petite masselote[Ⓞ] aimantée placée au centre d'un bobinage miniature. Elle vibre au gré du courant électrique généré par le microphone et qui tourne alternativement dans le bobinage, ce qui entraîne ainsi la vibration de l'osselet sur lequel il est attaché et couplé. C'est puissant ». Cette solution auditive ne comporte aucun



Schéma implant oreille moyenne

élément dans le conduit auditif externe, ce qui explique pourquoi elle est proposée en cas d'intolérance physique au port d'un contour d'oreille ou d'un intra-auriculaire.

ANNÉES 1980



Apparition des premiers vibrateurs piézoélectriques et électromagnétiques

1998



Diffusion du premier Floating mass transducer (vibrateur électromagnétique)

1998-2006



Essor des implants de l'oreille moyenne

2007-2008



Les implants deviennent totalement invisibles

150

C'est environ le nombre d'implants de l'oreille moyenne, qu'ils soient partiellement ou totalement invisibles, qui sont posés chaque année en France.

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

Les vibreurs d'oreille moyenne sont apparus pour la première fois dans les années quatre-vingt, lorsque N. Yanagihara et J. Suzuki développèrent un premier vibreur piézoélectrique. Ces appareils stimulaient mécaniquement et directement la chaîne ossiculaire ou les fenêtres de l'oreille interne par des vibrations. Ils permettaient ainsi de s'affranchir des problèmes d'amplification des hautes fréquences liés à l'effet Larsen et des problèmes d'intolérance physique au port d'un appareil dans le conduit auditif externe. Ils délivraient en outre un signal plus fort que celui des systèmes fonctionnant par conduction osseuse et se révélaient dès lors plus efficaces en cas de surdité sévère. Seules limites : des difficultés de couplage avec la chaîne ossiculaire et une capacité d'amplification limitée par la taille du cristal piézoélectrique. De son côté, dès 1986, A.J. Maniglia inventa un vibreur électromagnétique : un aimant, positionné au niveau de l'oreille moyenne, vibrait sous l'effet du champ électromagnétique d'une bobine placée dans le conduit auditif externe ou dans la mastoïde. Ce système supposait toutefois une grande proximité entre la

bobine et l'aimant et un bon axe. Il dégageait en outre une chaleur importante lorsque l'on voulait accroître l'amplification de la vibration et donc augmenter le volume du son.

L'ESSOR DES ANNÉES 2000

Puis R. Goode et G. Ball eurent l'idée de placer un aimant mobile dans une bobine miniaturisée. L'aimant se comportait comme une masse flottante à l'intérieur de la petite bobine cylindrique, permettant à l'ensemble bobine-aimant de vibrer sous l'effet d'un signal électrique, d'où l'appellation de Floating mass transducer ou FMT. Ce système électromagnétique d'implant de l'oreille moyenne, plus petit que les modèles préexistants, conservait de bonnes capacités d'amplification sans élévation de température. Soumis à de premiers essais cliniques fructueux menés en 1996 à Zurich (Suisse), il fut diffusé en Europe dès mars 1998, avant d'être autorisé aux États-Unis en septembre 2000. Et à partir de 2006, cet implant, qui était jusqu'alors quasi-exclusivement utilisé pour les surdités neurosensorielles, a progressivement été préconisé pour les surdités mixtes. Les premiers implants actifs de l'oreille moyenne à modulateur mécanique furent quant à eux soumis à essais cliniques dès 2002 pour ensuite être diffusés à plus grande échelle.

UN PANEL DE SOLUTIONS

De fait, il existe aujourd'hui plusieurs modèles d'implants de l'oreille moyenne. Ils ne se fixent pas tous au même endroit le long de la chaîne ossiculaire

QUID DE LA CHIRURGIE DE L'OREILLE MOYENNE ?

L'une des alternatives aux implants de l'oreille moyenne est de procéder à une opération chirurgicale visant à « réparer » l'oreille moyenne déficiente. Or, bien souvent, cette dernière ne permet pas de retrouver un niveau normal d'audition et implique, pour le patient, de compléter cette intervention par le port d'une aide auditive conventionnelle.

mais essentiellement sur la branche descendante de l'enclume, sur l'apophyse lenticulaire⁶ de l'enclume, sur l'étrier ou encore sur un piston après avoir enlevé l'étrier. De plus, les systèmes d'accroche de ces implants sont très variés : les connecteurs, conçus de différentes formes, permettent au chirurgien de choisir ceux qui sont les plus adaptés à l'anatomie du patient et aux restes ossiculaires. Les implants disponibles sur le marché proposent en outre des modalités et des puissances différentes, pour des surdités moyennes à profondes, c'est-à-dire pour des pertes de 40 à 60 décibels voire de 80 décibels. Des multiples plages d'utilisation sont disponibles. De nombreux progrès ont également été faits concernant la fiabilité et l'étanchéité de la partie implantée grâce à de meilleurs contrôles de qualité ainsi que ce qui est de la durée de vie de l'implant (environ dix ans aujourd'hui). Une durée de vie certes inférieure à celle d'un implant cochléaire (jusqu'à 25 ans) mais sachant qu'un >>>



>>> implant de l'oreille moyenne est régulièrement soumis à des vibrations quand l'implant cochléaire, lui, reste stable et enchâssé dans la cochlée.

LA QUÊTE DE L'INVISIBILITÉ

« Des progrès majeurs ont été réalisés sur les implants de l'oreille moyenne en termes d'efficacité et de dissimulation, note le Pr Frachet. Ils se sont en effet sophistiqués tout en se miniaturisant. Parmi les dernières innovations en date, assez impressionnantes : la création de modèles totalement implantables. » En effet, depuis les années 2007-2008, ont été développés des systèmes d'implant totalement invisibles. Pour cela, deux problèmes ont été résolus. Tout d'abord, la source d'énergie dans les dispositifs semi-implantables est hébergée à l'extérieur. Dans les dispositifs tout implantables, la source d'énergie est placée sous la peau soit sous la forme d'une bat-

terie de pace-maker, soit sous la forme d'un accu qui se recharge quotidiennement au travers de la peau par le biais d'une communication haute fréquence. Le grand nombre de cycles de charge et de décharge permet une durée de vie remarquable pour ce dispositif, ce qui limite le nombre de réinterventions chirurgicales. Par ailleurs, le microphone, ensuite, est aussi sous la peau ou, mieux encore, remplacé par un cristal piézoélectrique qui recueille les vibrations de l'enclume. Ces dernières générations d'appareils utilisent donc le tympan comme microphone et permettent de profiter des effets positifs du conduit auditif externe et du pavillon de l'oreille. Pour éviter que le microphone ne détecte les bruits internes propres à la personne, tels ceux de la circulation sanguine, des algorithmes ont été conçus pour les éliminer afin d'obtenir un meilleur confort et une meilleure audition des patients. ■

« C'EST MIRACULEUX D'ENTENDRE »
Marie-France Delisse, 71 ans, retraitée.

« Je porte un implant de l'oreille moyenne totalement invisible depuis 2009. Auparavant, je portais des contours d'oreilles mais je souffrais d'allergies, quelle que soit la matière des embouts de mon appareillage.



J'avais des démangeaisons et je devais me faire déboucher les oreilles tous les 8 ou 15 jours. J'avais également quelques difficultés à entendre, à suivre une conversation à plusieurs personnes, à écouter la télévision ou la radio. Depuis mon implant, tout a changé. Je n'ai plus rien dans l'oreille. Et c'est miraculeux d'entendre, de ne plus avoir besoin de faire répéter les gens sans cesse, de ne plus se sentir isolée lors de discussions. Le dispositif que je porte est, en plus, très facile à utiliser. Mon implant est placé entièrement sous la peau derrière l'oreille. Je n'ai donc pas à m'en occuper. Je dispose simplement d'une petite télécommande pour régler le son. Quant à l'opération pour poser l'implant, elle a été réalisée sous anesthésie générale pendant huit ou neuf heures. Je n'ai changé la pile de l'implant qu'une seule fois, le mois dernier, sous anesthésie locale, avec incision derrière l'oreille. Je suis sortie le soir même de l'hôpital. Je suis suivie tous les trois mois, pour évaluer l'évolution de ma surdité et rerégler l'appareil. C'est très pratique. »

IMPLANT COCHLÉAIRE

Une innovation de rupture

Véritable prouesse technologique, l'implant cochléaire, destiné à restaurer l'audition de personnes qui n'ont parfois jamais entendu de leur vie, est né dans les années cinquante.

À QUOI ÇA SERT ?

L'implant cochléaire permet de restaurer l'audition de personnes souffrant d'une surdité profonde à sévère, qui ne peut être corrigée par une aide auditive conventionnelle. Il stimule directement la cochlée, située au niveau de l'oreille interne, au moyen d'électrodes implantées chirurgicalement. Il est indiqué chez l'enfant à partir de 12 à 24 mois, dès que le diagnostic de surdité est établi, et chez l'adulte. Il a une durée de vie de 20 à 25 ans et implique donc des réimplantations.

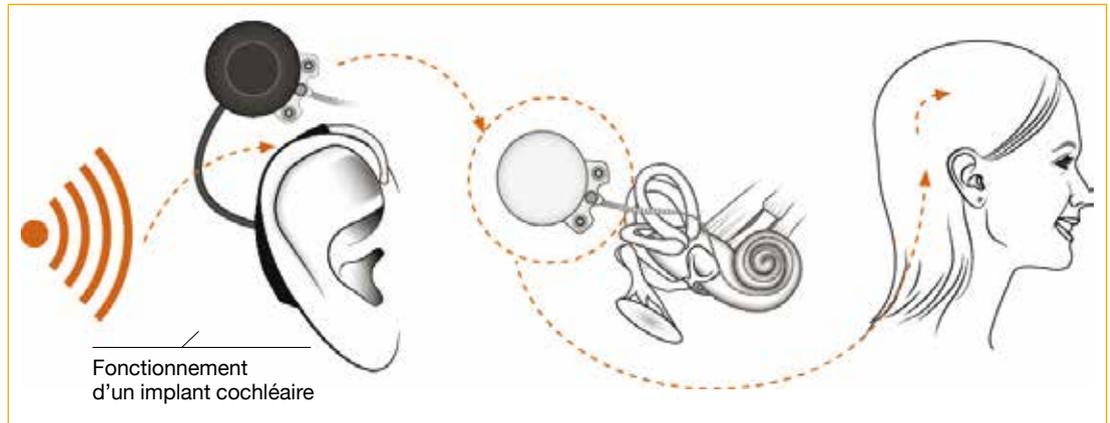
COMMENT ÇA MARCHE ?

La partie externe de l'implant contient un microphone avec antenne ainsi qu'un processeur vocal.

Les deux sont reliés par un mince câble (cordon d'antenne). Le processeur transforme les sons en signaux électriques et les transmet par ondes à la partie interne implantée chirurgicalement. Le rôle de celle-ci est d'émettre des impulsions électriques grâce à des électrodes (de 12 à 22 selon les modèles d'implant) positionnées dans la cochlée de manière à stimuler directement les fibres du nerf auditif. La partie interne et la partie externe de l'implant sont maintenues en regard l'une de l'autre grâce à des aimants.

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

« Le premier implant cochléaire a été mis place en 1957 à Paris par Charles Eyriès, otologiste[®] et anatomiste parisien, après avoir été conçu et >>>





>>> fabriqué par André Djourno, Professeur de physique médicale à Paris », rappelle le Pr Claude-Henri Chouard, membre de l'Académie nationale de médecine et ancien chef du service ORL de l'hôpital Saint-Antoine, dans un article sur l'histoire de l'implant cochléaire publié en 2010 dans les *Annales françaises d'oto-rhino-laryngologie*⁶ et de *pathologie cervico-faciale*. Il s'agissait d' « un implant com-

posé d'un couple de bobines, dont l'une d'elles était branchée à une électrode, qu'Eyriès plaça contre l'une des branches du nerf acoustique⁶ » dans l'oreille interne, précise le Pr Chouard. Les deux hommes purent ainsi redonner de l'audition à un sourd total en stimulant électriquement l'oreille interne de ce dernier : l'implant permettait en effet de capter certaines sonorités et, ainsi, d'améliorer la

lecture sur les lèvres (appelée « lecture labiale »). Les travaux consacrés à l'implant cochléaire se poursuivirent au cours des années soixante. Dès 1961, l'otologiste américain William House « codifia l'intervention » chirurgicale « en positionnant l'électrode de manière stable » au sein de la cochlée, détaille le Pr Chouard. Il mit également au point un implant mono-électrode fiable pour des patients de plus en

1957



Pose du premier implant cochléaire (monoélectrode) chez un patient

1964



Mise au point d'un implant à six électrodes testé chez l'animal

1973



Premier implant multiélectrode chez l'homme

1977



Implant à douze électrodes

1990-2000



Miniaturisation et électronique

1 500

À l'heure actuelle, c'est environ le nombre d'implants cochléaires greffés chaque année en France, selon le P^r Bruno Frchet, du Centre de référence et de réglage des implants cochléaires (CRIC) de l'hôpital Rothschild à Paris.

plus nombreux. Cependant, cet implant ne permettait pas d'entendre au-delà de 500-800 hertz ni de distinguer les subtilités des voyelles et des consonnes.

EMULATION INTERNATIONALE

De nouvelles recherches furent donc menées simultanément aux États-Unis, en Australie, en Autriche et en France. Première avancée notable : les nouvelles générations d'implants créés n'étaient plus dotées d'une seule électrode mais de plusieurs. Le premier implant cochléaire multiélectrode (et donc multicanal) fut ainsi implanté chez un patient en

« TROIS À SIX MOIS DE RÉÉDUCATION AVEC UN ORTHOPHONISTE »

P^r Bruno Frchet, membre du Centre de référence des implants cochléaires (CRIC) de l'hôpital Rothschild à Paris.

« Une fois que la partie interne de l'implant – le récepteur-stimulateur et le faisceau d'électrodes qui part du récepteur-stimulateur et entre dans la cochlée – est mise en place, il faut attendre entre deux et quatre semaines, le temps que la cicatrisation soit complète. Puis, le contour d'oreille (processeur) et l'antenne sont mis en place en regard de la partie implantée et maintenus en contact grâce au système d'aimantation. Les patients commencent alors à entendre quelques sons un peu métalliques. Les premiers réglages sont alors effectués par le centre planteur, électrode par électrode. Il s'agit de déterminer les quantités d'énergie minimales et maximales utilisables. Le régleur établit une « map » de réglages. Lors du fonctionnement, l'intensité



de la stimulation modulée pour chaque électrode restera comprise entre ces valeurs minimales et maximales prédéterminées, fixées lors du premier réglage et modifiées autant que de besoin en fonction du confort et de l'efficacité. Ces réglages sont hebdomadaires au début et ont lieu en même temps que les séances de rééducation. En fonction de l'évolution, les séances s'espacent pour devenir biannuelles en régime courant pour la surveillance de ce dispositif implanté. Schématiquement, trois à six mois de travail de rééducation avec un orthophoniste sont nécessaires. Il peut, en fonction de ses évaluations et avec le concours de la personne porteuse de l'implant, solliciter de nouveaux réglages. »

1973, à San Francisco. Il disposait de quatre canaux (permettant de capter quatre fréquences sonores différentes), chacun d'eux étant relié à une antenne émettrice et une antenne réceptrice. Ce dispositif stimulait les fibres du nerf auditif de façon distributive le long de la cochlée. Les patients pouvaient dès lors comprendre les paroles de leurs interlocuteurs sans avoir besoin de lire sur leurs lèvres. L'année suivante, le laboratoire de recherches ORL

de l'hôpital Saint-Antoine à Paris, dirigé par le P^r Chouard, démontra que la stimulation électrique à travers huit ou douze électrodes placées dans différents endroits de la cochlée fournissaient des perceptions fréquentielles différentes chez des patients atteints de surdité totale unilatérale traumatique avec paralysie faciale. Les travaux du P^r Chouard et de son équipe aboutirent à la conception, en 1975, du premier implant cochléaire à huit canaux. >>>

2005



Lancement de recherches relatives aux implants cochléaires entièrement sous-cutanés

2013



Incorporation des technologies Bluetooth au sein des implants cochléaires

>>> Cet implant ne disposait plus que d'une seule antenne, apportant aux sourds la totalité de l'éventail fréquentiel de la parole. En 1977, arriva un système à douze canaux.

Parallèlement, d'autres équipes développèrent leurs propres implants multi-canaux : en Autriche avec le couple d'ingénieurs autrichiens Ingeborg et Erwin Hochmair et en Australie avec le Professeur Graem Clark. Les différents implants cochléaires furent progressivement dotés de microprocesseurs améliorant le traitement du signal sonore. Ces processeurs assuraient, à travers la peau, une transmission à la fois électromagnétique et séquentielle des sons issus de l'environnement des patients. En France, la première implantation de tels implants eut lieu à l'hôpital Saint-Antoine, en septembre 1976.

À SAVOIR

Les implants cochléaires et les pacemakers reposent sur des techniques et des technologies similaires. Les pacemakers sont ainsi constitués de deux parties : un boîtier contenant notamment la batterie et les dispositifs électroniques ainsi qu'une ou plusieurs électrodes. Les électrodes, reliées au boîtier, sont disposées à l'intérieur du cœur qu'elles stimulent à une fréquence déterminée.



PLUSIEURS MODÈLES D'IMPLANTS

Dans les années soixante-dix et quatre-vingt, plusieurs firmes issues de divers pays s'intéressèrent aux implants cochléaires. Leurs modèles d'implants reposaient sur certains principes communs : la pose de plusieurs électrodes et la transmission électromagnétique des informations sonores. Les ingénieurs américains, eux, se démarquèrent un temps en proposant des systèmes de transmission par le biais de boutons transcutanés mais finirent par les abandonner.

Les divers modèles différaient toutefois sur un

point : le système de codage des informations captées et transmises jusqu'à la cochlée. Ainsi, certains implants envoyaient la totalité des informations à la cochlée tandis que d'autres n'envoyaient que la partie la plus pertinente des informations. Ces différents systèmes de codage, qui existent encore à l'heure actuelle, n'eurent, par la suite, de cesse de se perfectionner.

MINIATURISATION COMPLÈTE

Chacun des modèles d'implant cochléaire a évolué vers une miniaturisation de leurs composants. En

effet, les premiers boîtiers externes, assez volumineux, devaient quasiment être déposés sur une table à proximité du patient, ce qui limitait l'autonomie de ce dernier. Puis, les boîtiers mis au point par l'équipe du Pr Chouard purent être portés autour du cou ou à la ceinture. Ils pesaient entre 50 et 100 grammes. Ils étaient reliés par un fil à un système de microphone disposé au niveau de l'oreille. Ils n'ont eu de cesse de devenir de plus en plus petits à tel point qu'aujourd'hui, ils ne pèsent que 9 à 10

grammes. La partie électronique du boîtier, plus fine, ne dépasse plus, désormais, 3 à 4 millimètres d'épaisseur (contre 6 à 7 auparavant). L'objectif est simple : faire en sorte que l'appareil externe soit le plus léger possible afin qu'il ne pèse pas trop sur la tête.

Les éléments internes de l'implant n'ont pas échappé non plus à la miniaturisation. De fait, les électrodes (au nombre de 11 à 22 aujourd'hui) sont désormais plus petites. Les éléments implantables, plus fins, agrègent moins la cochlée (qui, pour mémoire, ne mesure que quelques millimètres). Les patients ayant quelques résidus auditifs sur certaines fréquences sonores peuvent ainsi les conserver. En outre, les chirurgiens disposent de deux types de solution : des implants dont la structure de la partie implantée est courbe, afin d'épouser la forme de la cochlée, ou droite mais flexible. La matière de cette partie implantée est toutefois restée identique : du titane et du silicone.

VERS DES SYSTÈMES TOTALEMENT SOUS-CUTANÉS ?

Pour que les implants cochléaires soient plus discrets et plus agréables à porter, des efforts ont également été faits sur la forme des éléments externes. Il existe ainsi, aujourd'hui, deux types de dispositif externe : un contour d'oreille qui intègre le microphone et le microprocesseur ou un boîtier classique « déporté ». Celui-ci comprend le microprocesseur, porté dans la poche ou dans un holster  et relié au contour de l'oreille par un fil, voire

À SAVOIR

Au XVIII^e siècle, le physicien italien Alessandro Volta établit, pour la première fois, le lien entre électricité et audition. Il avait en effet introduit, dans ses oreilles, des tiges métalliques raccordées à un circuit d'électricité statique. En appliquant une différence de potentiel d'une cinquantaine de volts entre ses deux oreilles, il entendit un son semblable à celui d'une eau en ébullition. Il s'agit de la première expérience reconnue de stimulation électrique du système auditif.

dans les cheveux à la place de l'antenne. Ce système est notamment conçu pour les jeunes enfants ou pour les adultes qui ne supportent pas l'appareillage derrière l'oreille. Par ailleurs, des habillages sont désormais proposés aux patients pour qu'ils puissent mettre l'appareillage externe en valeur grâce à divers choix de couleur par exemple. De nouvelles voies de recherche portent, en outre, vers des appareillages totalement sous-cutanés. En effet, dès 2005, des travaux de recherche ont démarré sur des systèmes d'implant avec microphone placé sous la peau. Totalement invisibles, leurs performances restent toutefois légèrement inférieures à celles des appareillages externes, avec lesquels la perception des sons est meilleure. >>>

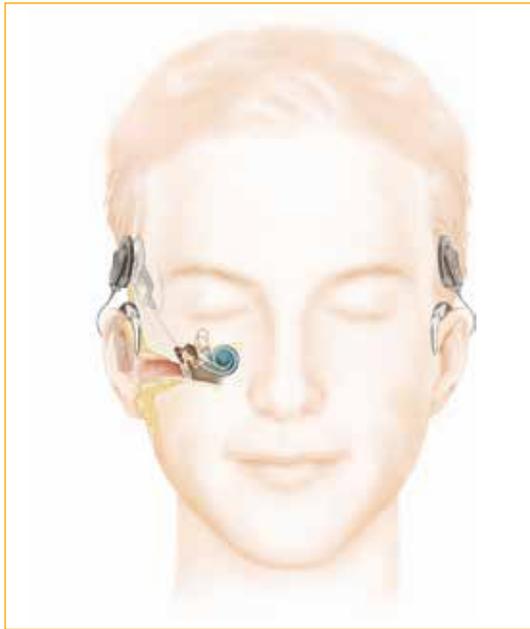
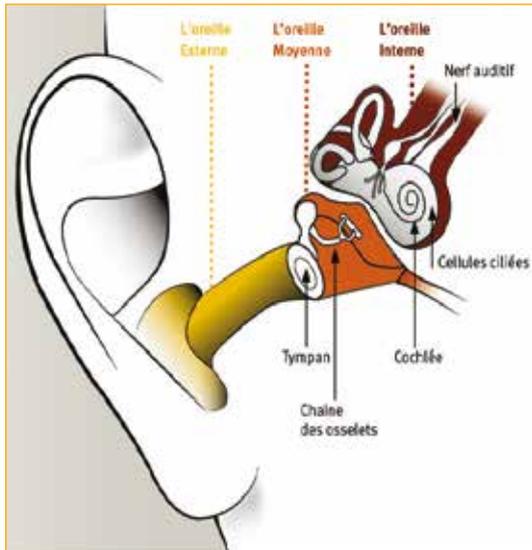


Schéma de positionnement d'implant cochléaire



Système d'implant cochléaire

>>> L'AVÈNEMENT DES SYSTÈMES BLUETOOTH

Par ailleurs, certains appareils sont équipés, comme les aides auditives conventionnelles, d'une boucle magnétique permettant aux personnes appareillées de mieux suivre la parole d'un orateur dans un lieu où l'écoute est difficile à cause d'une mauvaise acoustique ou de bruits ambiants. Et, depuis mars 2013, certains implants disposent même de système Bluetooth pour recevoir directement le son émis par la télévision ou encore le téléphone via une connexion sans fil. Ces technologies n'auront, à coup sûr, de cesse de se développer. ■

« D'UNE MALENTENDANCE SÉVÈRE AVEC UN SILENCE PRESQUE TOTAL À UN MONDE ANIMÉ »

Jacqueline Poirot, 66 ans, retraitée.

« Je porte des implants cochléaires bilatéraux. Le premier depuis 2006 – j'avais alors 57 ans – et le second depuis 2010. Ma surdité quasi totale m'a permis de bénéficier d'un implant cochléaire qui a eu l'effet d'une renaissance... Je n'entendais pratiquement plus rien et, professeur des écoles, je compensais ma surdité



comme je pouvais. Je pense que toute personne handicapée développe toutes les possibilités mises à sa disposition pour continuer à mener une vie normale. J'ai repris mon travail avec bonheur deux mois après mon opération. J'ai travaillé avec un orthophoniste et ma rééducation a été fulgurante. Mon implant m'a permis de passer d'une malentendance sévère avec un silence presque total à un monde animé. Pour moi, cela tenait du miracle. Mon deuxième implant, quatre ans plus tard, a comblé toutes les lacunes du

premier, notamment dans le domaine musical : une meilleure entente en situation de bruit, un confort supplémentaire... Au final, avec mes deux implants, je n'étais plus obligée de me concentrer pour comprendre ce qu'on me disait, de décrypter sans cesse sur les lèvres. Je pouvais prendre de nouveau plaisir à rencontrer des amis, à aller au restaurant etc. Autant de choses qui me démoralisaient

auparavant. Je me sers de la boucle magnétique quand il en existe une et c'est ce qui m'apporte le plus grand confort lors de réunion, spectacle, exposition, etc. Ce qui est regrettable, c'est qu'il en existe très peu dans les salles de cinéma. Avant mes implants, je rêvais souvent que je retrouvais l'audition. Quand je me réveillais, le cauchemar – celui de ne pas entendre – revenait. À présent, c'est l'inverse : la nuit, quand je fais des cauchemars, je rêve que je n'entends plus. Mais au réveil : j'entends ! »

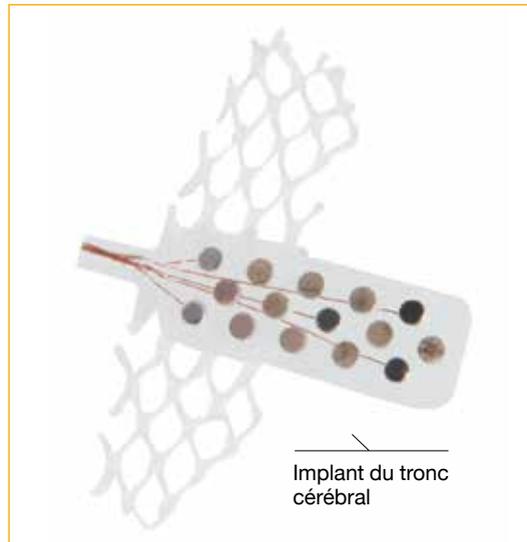
IMPLANT SUR LE TRONC CÉRÉBRAL

Entendre sans oreilles

L'implant sur le tronc cérébral est destiné aux patients dont le nerf auditif ou les deux cochlées ne fonctionnent plus. Jusqu'à dans les années quatre-vingt, ces patients étaient condamnés à vivre dans un monde privé de sons. Ils peuvent désormais retrouver une sensation auditive.

À QUOI ÇA SERT ?

L'implant auditif du tronc cérébral « court-circuite » le nerf auditif et stimule directement les noyaux cochléaires dans le tronc cérébral. Il est indiqué en cas de surdité de perception bilatérale et, plus précisément, de surdité accompagnée d'importantes lésions ossifiantes des deux cochlées ou du nerf auditif. Son indication principale est la neurofibromatose de type 2 (NF2), une affection rare caractérisée par des neurinomes (tumeurs bénignes non cancéreuses) qui se développent sur le nerf auditif et qui affectent l'audition. Or, le retrait des tumeurs acoustiques peut causer des lésions au nerf auditif.



Ce type d'implant peut aussi être indiqué en cas de malformation ou d'ossification des deux cochlées, par exemple.

COMMENT ÇA MARCHE ?

Il comprend une partie externe composée d'un microphone miniaturisé placé sur un support de type contour d'oreille, d'un processeur de son intégré dans le contour ou dans un boîtier externe et d'une antenne émettrice. Il comporte également une partie interne implantable : une puce reliée à une petite électrode en contact avec le tronc cérébral. Ainsi, l'appareillage transforme les signaux analogiques captés par le microphone en signaux électriques et les transmet directement au cerveau.

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

Les essais relatifs aux implants auditifs du tronc cérébral débutèrent en 1964. La première patiente à en bénéficier s'appelait Marilyn Davidson, en 1979, aux Etats-Unis. Atteinte d'une NF2, elle devait subir une opération chirurgicale qui devait la rendre totalement sourde. Elle accepta alors la pose d'un implant expérimental. « Une paire d'électrodes circulaires de 0,5 mm distantes de 1,5 mm fut implantée sur ses noyaux cochléaires et connectée à une prise transcutanée, détaille Olivier Marek dans >>>

>>> un mémoire soutenu en 2011 en vue de l'obtention du Diplôme d'État d'audioprothésiste. *Après quelques semaines, elle fut capable de distinguer le bruit d'un avion, l'abolement de son chien, le passage d'une benne à ordures.* » Elle finit toutefois par ressentir des secousses musculaires. En juin 1985, la prise transcutanée de Marilyn Davidson fut donc retirée et « *la paire d'électrodes circulaires fut connectée à un disque interne recouvert de titane intégré sous le scalp post auriculaire* »⁶, précise l'universitaire. Les secousses musculaires disparurent.

En parallèle, le House Ear Institute (HEI) et l'Huntington Medical Research Institute (HMRI), en Californie, mirent au point une électrode avec un substrat en

filet de dacron (polyester) afin d'améliorer la stabilité du dispositif. « *Un système d'aimants transcutanés fut mis en place pour limiter le risque d'infection en 1985* », poursuit Olivier Marek. Des améliorations furent apportées au processeur ainsi qu'aux électrodes et, « *en 1988, apparut un système de connexion/déconnexion pour remplacer la prise ou l'aimant sans toucher aux électrodes du tronc cérébral* ».

LE TOURNANT DES ANNÉES QUATRE-VINGT-DIX

En 1990, la fixation d'un implant dans le repli latéral du IV^e ventricule cérébral, qui jouxte le tronc cérébral (il se situe en effet entre le cervelet et le tronc cérébral), s'avéra efficace tout en minimisant les effets secondaires néfastes. En 1992, pour la première fois en Europe, un patient reçut un implant comportant 20 canaux de traitement du son.

Depuis, les progrès se poursuivent. En 2011, un nouvel implant apparut sur le marché, compatible avec les systèmes d'Imagerie par résonance magnétique⁶ (IRM). La partie interne des implants

UNE CHIRURGIE DE HAUTE PRÉCISION

L'opération chirurgicale, délicate, est réalisée par un ORL et un neurochirurgien afin que l'implant soit positionné sans affecter d'autres zones cérébrales (les nerfs oculomoteurs et les nerfs de la motricité faciale, par exemple). L'activation des électrodes est réalisée environ six semaines après l'intervention. Une rééducation orthophonique et une évaluation régulière des résultats ainsi que des réglages de l'implant sont ensuite nécessaires.

est désormais maintenue en place par une sorte de filet en fils de titane recouverts de silicone. Et, en 2013, un Canadien, âgé de 3 ans, fut le premier enfant à bénéficier d'un implant auditif sur tronc cérébral. La partie externe de son appareil est maintenue derrière son oreille grâce à un bandeau. Pour l'heure, les stratégies de codage du signal sonore utilisées pour les implants du tronc cérébral sont celles prévues pour les implants cochléaires. Ce qui peut ouvrir la voie à de nouvelles perspectives d'évolution. ■

5 à 7

« *C'est le nombre d'implants du tronc cérébral qui sont posés chaque année en France* », estime le Pr Bruno Frachet, du Centre de référence et de réglage des implants cochléaires (CRIC) de l'hôpital Rothschild à Paris.

1964



Premiers essais d'implant sur tronc cérébral

1979



Première patiente implantée

1990



Fixation d'un implant dans le repli latéral du 4^e ventricule cérébral

2011



Premier implant sur tronc cérébral compatible avec l'IRM

2013



Premier enfant implanté sur tronc cérébral

IMPLANT PAR CONDUCTION OSSEUSE

Les implants au service de la vibration osseuse

Héritiers de dispositifs du type lunettes auditives, les implants par conduction osseuse offrent de nouvelles possibilités en cas de surdité de transmission ou mixte. Fixés sur la mastoïde, on parle aussi d'implants mastoïdiens. Leur indication est aujourd'hui étendue aux surdités unilatérales sévères à profondes.

  QUOI  A SERT ?

Les implants par conduction osseuse, tout comme les aides auditives par conduction osseuse non implantables (*voir chapitre 2*), transmettent le son par transmission directe à l'oreille interne, *via* l'os du crâne, en contournant l'oreille moyenne. Contrairement aux aides non implantables, leur efficacité n'est pas altérée par l'épaisseur de la peau ou par les cheveux. En laissant le canal auditif libre, ils réduisent les risques d'infection chronique de l'oreille et d'allergie, mais aussi, et surtout, ils peuvent être utilisés sur une oreille instable ou qui coule, par exemple.

COMMENT  A MARCHE ?

Le système est constitué d'un petit appareil externe composé d'un microphone et d'un microprocesseur, fixé sur un pilier en titane de quelques millimètres lui-même vissé à travers la peau sur le rocher du crâne en arrière et en haut du pavillon de l'oreille. Le son capté est transformé en vibrations par l'appareil puis transmis à l'oreille interne par l'intermédiaire de l'os temporal. Les premiers systèmes sont percutanés, c'est-à-dire vissés dans l'os en perforant la peau. Les systèmes les plus récents sont totalement sous-cutanés dits transcutanés. >>>





UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

Les premiers implants auditifs par conduction osseuse furent posés en 1977 à l'hôpital universitaire Sahlgrenska de Göteborg (Suède). Il s'agissait d'une vis de titane de 4 millimètres de long et de 3,75 millimètres de diamètre, vissée dans l'os temporal [Ⓞ]. Le couple titane-os est solide grâce au phénomène d'ostéointégration dont le patient bénéficie, comme avec les implants dentaires. La vis formait une saillie émanant du crâne à travers la peau, sur laquelle le dispositif externe (microphone et vibreur osseux) était fixé. Les implants se développèrent ensuite dans le monde dès la fin des années quatre-vingt-dix. Ils apparurent en France dès 1987, année lors de laquelle les premiers patients français furent traités dans le service d'Oto-rhino-laryngologie (ORL) de l'Hôpital Necker - Enfants malades de Paris.

DISPOSITIFS PERCUTANÉS

Inspirées des découvertes du Professeur Per-Ingvar Branemark (voir encadré p.30), ces aides auditives

à ancrage osseux étaient toujours constituées d'une vis en titane (identique à celles utilisées pour les implants dentaires) fixée dans l'os temporal derrière l'oreille, lors d'une brève opération chirurgicale de trente minutes environ sous anesthésie locale. « Un mois à un mois et demi après l'opération, temps nécessaire pour que le système se solidifie, le vibreur pouvait être clipsé sur la vis en métal qui dépassait du crâne, précise le Pr Bruno Frachet, chirurgien à l'Hôpital Rothschild à Paris. C'est ce que l'on appelait, et que l'on appelle toujours, un système à peau ouverte, c'est-à-dire percutané. » Le pilier sert de connexion directe entre l'appareil auditif et l'os, permettant ainsi au microprocesseur de recevoir le son, de le « transformer » en énergie vibratoire et de le transmettre à l'oreille interne via l'os du crâne. Ce type d'aide auditive est utilisé avec succès pour les personnes souffrant d'une infection ou d'une inflammation chronique ou d'une malformation congénitale au niveau de l'oreille moyenne, de l'oreille externe ou du conduit auditif. Il comporte des avantages par rapport aux aides à conduction osseuse non invasives type lunettes auditives. En

ANNÉES 1950



Découverte de l'ostéo-intégration

1977



Première pose d'implants auditifs par conduction osseuse

1987



Commercialisation des premiers implants par ancrage osseux en France

2009-2010



Création des piliers angulaires

5

Cinq ans, c'est en général l'âge à partir duquel la pose d'un implant sur la mastoïde est possible. Chez les enfants plus jeunes, la mastoïde est rarement assez dure et épaisse.

effet, l'implant percutané permet une transmission optimale des vibrations à la mastoïde, sans perte de signal due à la peau et aux tissus mous sous-cutanés. « *En outre, pour être efficaces, les aides auditives par conduction osseuse hébergées dans les branches de lunettes ou maintenues derrière l'oreille grâce à des serre-têtes doivent appuyer sur la mastoïde pour améliorer le couplage*, précise le Pr Bruno Frachet. *De fait, certains patients souffraient d'enfoncements de l'os compte tenu de la pression exercée en permanence sur la surface osseuse, voire de complications cutanées.* »

Seul bémol : les aides auditives à ancrage osseux présentent un risque d'infection autour du pilier. « *Ce système dispose d'une partie implantable qui dépasse de la peau : il faut donc être soigneux et réaliser des soins locaux* », détaille le chirurgien ORL. Des efforts ont donc été faits pour améliorer le confort des personnes au quotidien.

PILIERS ANGULAIRES

Dès 2009-2010, les professionnels de l'audition comme les patients virent apparaître sur le marché de nouveaux modèles à ancrage osseux. Afin de réduire les éventuels inconvénients esthétiques ou

techniques, comme les effets Larsen intempestifs, et d'améliorer l'écoute directionnelle, les chercheurs développèrent un nouveau type de pilier en titane : le pilier angulaire. Celui-ci positionnait l'appareil auditif non plus perpendiculairement mais selon un angle de 10°, ce qui permettait d'augmenter légèrement la distance entre la peau et l'appareil. Un nouveau système de clippage sur le pilier fut également mis au point : le système de fixation du boîtier extérieur englobait désormais entièrement le pilier et évitait ainsi les irritations de la peau tout en facilitant la rotation du boîtier si nécessaire.

Parallèlement, les appareils continuèrent à se perfectionner et permirent des réglages toujours plus précis en fonction de la perte auditive, grâce à des logiciels et des commutateurs de programme pour passer d'une écoute omnidirectionnelle à une écoute directionnelle. Les sophistications des prothèses conventionnelles en matière de couplage avec les sources sonores bénéficient désormais à ces implants mastoïdiens.

SYSTÈMES À PEAU FERMÉE

Autre objectif visé ces deux dernières décennies : aboutir à des systèmes à peau fermée, c'est-à-dire à des systèmes placés intégralement sous la peau. Ce qui fut fait dès 2011-2012 avec l'apparition des premiers systèmes sous-cutanés vibrant grâce à un système d'aimantation. L'idée, développée à l'origine par une société d'implants dentaires puis appliquée aux implants auditifs, était simple : l'implant, d'une taille un peu inférieure à six centimètres >>>



>>> de longueur, était fixé directement sur la surface du crâne et entièrement recouvert par le tissu cutané. Il était associé à un processeur audio externe qui recevait les sons du monde extérieur. Cet appareil était placé contre la peau, directement adjacent à l'implant, et maintenu en place par des aimants des deux côtés de la peau. Une bobine d'induction dans l'implant lui permettait de recevoir le son retransmis par le processeur à travers la peau. Points positifs : ce système, plus esthétique, limitait également les problèmes d'intolérance et d'infection. En revanche, les vibrations devant traverser les tissus mous, il existait une perte de signal comparé à une transmission directe de l'implant percutané.

Les recherches et les progrès se poursuivirent. Plutôt que de transmettre au travers de la peau la vibration osseuse, une nouvelle approche apparut en 2013 : il s'agissait, non pas d'envoyer une stimulation mécanique au travers de la peau mais une stimulation électrique alimentant par induction (comme pour l'implant cochléaire et l'implant d'oreille moyenne) un vibreur osseux implanté gommant les effets d'amortissement de la vibration mécanique transmise à travers la peau. De manière anecdotique, un autre système continua de se développer aux États-Unis : il s'agissait de stimuler la conduction osseuse grâce à un implant fixé non pas sur la mastoïde mais sur la mâchoire supérieure, celui-ci étant associé à un petit appareil amovible tenu sur deux dents au fond de la bouche.

À SAVOIR

OREILLE POUR OREILLE, DENT POUR DENT

À la fin des années cinquante, le Professeur suédois Per-Ingvar Branemark, chirurgien orthopédiste, étudia le phénomène de cicatrisation osseuse. Ses travaux de recherche l'amènèrent peu à peu à inventer le concept d'ostéo-intégration, c'est-à-dire d'ancrage direct d'un implant au niveau osseux par la formation de tissu osseux autour dudit implant. Le Pr Branemark réalisa alors que de nombreuses applications pourraient découler de cette découverte notamment en odontologie. Aussi, après vingt ans d'expérimentations animales et d'applications

cliniques, le Pr Branemark et son équipe présentèrent, en 1982 à Toronto (Canada), devant les plus grands spécialistes de chirurgie buccale et de prothèse dentaire du continent nord-américain, les extraordinaires possibilités du phénomène d'ostéo-intégration qui allaient révolutionner la pratique de l'odontologie (notamment de la chirurgie dentaire et maxillofaciale)... et de l'audiologie. Le Pr Branemark est, encore aujourd'hui, considéré comme le précurseur de l'implantologie moderne.

« *Globalement, aujourd'hui, les dispositifs en conduction osseuse offrent de très belles applications et de très beaux résultats, se réjouit le Pr Frachet. Ils nous permettent, à nous professionnels de santé, de trouver des solutions sûres et relativement faciles à mettre en œuvre.* » Leur taille a été considérablement réduite puisque l'épaisseur des microprocesseurs a été divisée par deux sans toutefois perdre en performance. Les réglages des appareils (deux ou trois réglages de base, acces-

sibles aux patients en sus des milliers de réglages possibles pour les audioprothésistes) s'effectuent désormais non plus grâce à une télécommande mais via un Smartphone. La connectivité sans fil (via un système Bluetooth) se généralise sans compromettre ni la puissance ni la qualité du son. Et les chercheurs continuent de travailler sur les matières utilisées pour le recouvrement des appareils sous-cutanés afin de réduire au maximum les risques d'adhérence et d'infection au niveau de la peau. ■

GLOSSAIRE

Accu : Accumulateur.

Acryl : Matière plastique.

Algorithme : Ensemble de règles opératoires dont l'application permet de résoudre un problème énoncé au moyen d'un nombre fini d'opérations.

Apophyse lenticulaire : Partie saillante de l'enclume, laquelle constitue les trois osselets de l'oreille moyenne avec le marteau et l'étrier.

Audiologiste : Spécialiste en audiologie, c'est-à-dire la science de l'audition. Il propose ses services dans le domaine de la prévention et de l'évaluation des pertes auditives, de la réhabilitation auditive, de la sélection et de l'adaptation des aides auditives et autres questions liées à l'audition tels que les problèmes de communication ou d'équilibre. En France, le métier d'audiologiste n'existe pas : il est à la croisée des chemins entre celui du médecin ORL, de l'audioprothésiste et de l'orthophoniste.

Audioprothésiste : Il détermine, après avoir écouté le patient et réalisé le bilan tonal et vocal d'orientation prothétique, l'aide auditive la mieux adaptée. Il prend l'empreinte du conduit auditif, pose et règle le microprocesseur et apprend au patient à l'utiliser.

Cilié : pourvu de cils.

Cochlée : Organe creux en forme d'escargot situé au niveau de l'oreille interne et rempli d'un liquide appelé endolymphe. Les cellules ciliées situées dans la cochlée et stimulées par le mouvement de l'endolymphe peuvent ensuite exciter les fibres nerveuses du nerf auditif. Son nom, du grec « coquillage », vient de sa forme spiralée.

Conque : Cavité profonde du pavillon de l'oreille, dans laquelle s'ouvre le conduit auditif (intra-conque : à l'intérieur de la conque)

Cophose : Perte totale de l'ouïe.

Décibel (dB) : un dixième de bel, unité servant de mesure de l'intensité du son. Augmenter de 1 bel l'intensité d'un son équivaut à peu près à doubler l'intensité de ce son.

Effet Larsen : Sifflement aigu très désagréable. Il se produit lorsqu'un microphone est disposé trop près d'un haut-parleur auquel il est relié par un amplificateur : le son perçu par le microphone est amplifié et réémis par le haut parleur puis il est capté par le micro, réamplifié et réémis, etc.

Holster : Etui.

Imagerie par résonance magnétique (IRM) :

Technique d'imagerie médicale utilisant les propriétés de Résonance magnétique nucléaire (RMN) des protons, en particulier ceux des molécules d'eau, du corps humain. Elle fournit des images en trois dimensions et en coupe d'une très grande précision anatomique.

Induction (boucle d'induction magnétique) :

Production de courant induit par un aimant ou un autre courant.

Masselote : Petite masse agissant par inertie, par gravité ou par force centrifuge, souvent associée à une pièce animée d'un mouvement de rotation pour en assurer l'équilibrage.

Mastoïde : Extrémité osseuse située au niveau de la partie inférieure de l'os temporal, en arrière du conduit auditif externe, et recouverte par le pavillon de l'oreille.

Micro-canule : Petit tube de plastique, de métal, voire caoutchouc, droit ou recourbé, permettant le passage de l'air ou d'un liquide à travers un orifice, que celui-ci soit naturel ou obtenu après intervention chirurgicale.

Microprocesseur : Circuit électronique qui assure l'exécution d'opérations arithmétiques et logiques dont tous les composants ont été suffisamment miniaturisés pour être regroupés dans un unique boîtier.

Nerf acoustique : Nerf auditif, ou nerf vestibulo-cochléaire. Il est le huitième nerf crânien. Il est composé de deux parties : le nerf cochléaire, qui est le nerf de l'audition proprement dite, et le nerf vestibulaire, qui est le nerf de l'équilibre.

Neurosensoriel : Qui concerne le système nerveux et les organes des sens.

Occlusif : Qui obstrue un conduit naturel.

Orthophoniste : Il se charge de la rééducation auditive du patient. Celle-ci vise à réhabituer à l'audition de la parole (lorsque le patient a perdu l'habitude d'entendre) et à entraîner le cerveau et l'oreille à la discrimination des sons.

Os temporal : Os situé dans la région de la tempe, sur la partie latérale de la tête.

Oto-rhino-laryngologie : Spécialité médicale et chirurgicale de l'oto-laryngologiste. Celui-ci juge de l'opportunité de porter une aide auditive et évalue les possibilités de réhabilitation chirurgicale ainsi que les indications des autres techniques de réhabilitation auditive (voie osseuse, implant).

Otologiste : Médecin spécialisé dans le traitement des maladies de l'oreille.

Pavillon (ici) : Partie extérieure (et donc visible) de l'oreille. Pour mémoire, l'oreille se divise en trois parties, l'oreille externe (pavillon et conduit auditif), l'oreille moyenne (tympan, osselets et trompe d'Eustache) et l'oreille interne (appareil de l'équilibre et de l'audition).

Piézoélectrique : Se dit d'un corps ou d'un matériau ayant pour propriété de se polariser électriquement (c'est-à-dire de générer un champ ou un potentiel électrique) sous l'action d'une contrainte mécanique.

Scalp post-auriculaire : Zone du cuir chevelu située juste derrière l'oreille.

Tympan : Membrane fibreuse (appelé également membrane tympanique) et transparente qui sépare le conduit auditif externe de la caisse du tympan (cavité de l'oreille moyenne contenant les osselets). Son rôle est de transmettre les vibrations sonores aux osselets.

SOURCES

Principales sources ayant contribué à la rédaction de ce document.

OUVRAGES

« *Traité des maladies de l'oreille et de l'audition* », Jean-Marie Gaspard Itard, Paris, 1842.

« *Deafness in Disguise: Concealed Hearing Devices of the 19th and 20th Centuries* », Washington University School of Medicine, publié par Bernard Becker Medical Library, 2005-2009.

« *Shattered nerves: How science is solving modern medicine's most perplexing problem* », Victor D. Chase, JHU Press, octobre 2006

TRAVAUX UNIVERSITAIRES ET ACADÉMIQUES

« *Efficacité et tolérance à long terme des implants d'oreille moyenne 'vibrant soundbridge'* », thèse pour le Diplôme d'État de docteur en médecine - qualification en Oto-rhino-laryngologie, Guillaume Angel, Faculté de Médecine de l'Université de Nantes, 2012.

« *L'implant auditif du tronc cérébral* », mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'État d'audioprothésiste, Olivier Marek, Faculté de Pharmacie de l'Université Henri Poincaré, Nancy I, 2011.

« *Implant auditif du tronc cérébral chez l'adulte* », e-mémoire de l'Académie nationale de chirurgie, D. Bouccara, A. Bozorg Grayeli, M. Kalamarides, et O. Sterkers, 2010.

« *Réhabilitation de la surdité profonde par l'implant cochléaire uni- ou bilatéral chez l'adulte sourd* », e-mémoire de l'Académie nationale de chirurgie, O. Sterkers, B. Meyer, B. Frachet, A. Bozorg Grayeli, I. Mosnier et D.S. Lazard, 2010.

ARTICLES

« *Histoire de l'implant cochléaire* », Pr Claude-Henri Chouard, Annales françaises d'oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale, 2010.

« *Troubles auditifs* », Dossier de l'Inserm réalisé en collaboration avec Jean-Luc Puel (unité Inserm 1051 Pathologies sensorielles, neuroplasticité et thérapies), mai 2012.

« *L'appareil auditif : d'hier à aujourd'hui* », Mireille Tardif et Lyne Bourbonnais, audiologistes de l'Institut Raymond Dewar (Centre canadien de réadaptation spécialisé en surdité et en communication), revue Sourdine, juin 2012.

« *Histoire du rôle de la France dans la mise au point industrielle de l'implant cochléaire multiélectrodes* », Pr Claude-Henri Chouard, mars 2014.

« *Surdité et déficience auditive* », Aide-mémoire n°300 de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), mars 2015.

RAPPORT

« *Traitement de la surdité par pose d'implants cochléaires ou d'implants du tronc cérébral* », rapport de la Haute autorité de santé (HAS), mai 2007, actualisé en 2011.

SITE INTERNET

www.inserm.fr
 www.inpes.sante.fr
 www.cochlea.org
 www.hearingaidmuseum.com
 www.fo-rothschild.fr
 www.recorlsa.online.fr/dispatch
 www.ordreaudio.qc.ca
 www.adsmq.org

LES PRINCIPALES SOCIÉTÉS SAVANTES EN AUDIOLOGIE

- Société française d'audiologie (SFA).
- Société française d'oto-rhino-laryngologie et de chirurgie de la face et du cou (SFORL).
- Collège national d'audioprothèse (CNA).
- Centre d'information sur la surdité et l'implant cochléaire (Cisic).
- Fédération européenne des sociétés d'audiologie (EFAS en anglais).
- Société internationale d'audiologie (ISA en anglais).

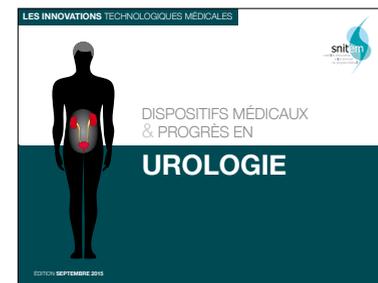
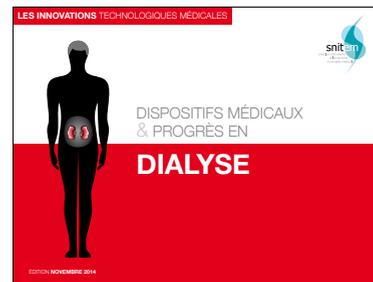
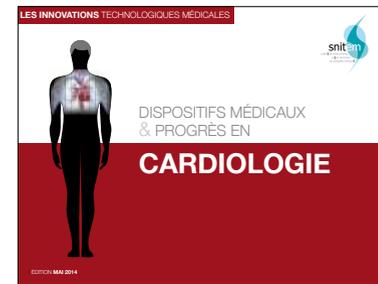
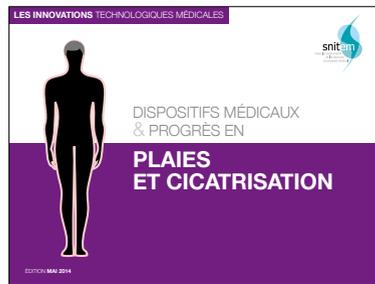
REMERCIEMENTS

La réalisation de ce document a été rendue possible grâce à la disponibilité et aux apports de nombreux acteurs. Qu'ils en soient tous ici remerciés, en particulier, par ordre alphabétique :

Eric Bizaguet, audioprothésiste et Président du Collège national d'audioprothèse • Thierry Daudignon, Starkey France • Marie-France Delisse, 71 ans, retraitée • Fernand Faccenda, 66 ans, retraité • Pr Bruno Frachet, chirurgien et chef du service ORL à l'Hôpital Rothschild à Paris • André Mazzuchelli, Cochlear France • Jacqueline Poirot, 66 ans, retraitée.

Dans la même collection

Documents téléchargeables sur le site du Snitem www.snitem.fr



Donnez nous votre avis sur ce document sur le site www.snitem.fr



Quand l'épopée de l'innovation des dispositifs médicaux se confond avec l'extraordinaire histoire de l'audiologie.

SNITEM

92038 Paris - La Défense cedex

Tél. : 01 47 17 63 88

Fax : 01 47 17 63 89

www.snitem.fr

info@snitem.fr

 @snitem