

# e ntre...O.R.L

LE BIMESTRIEL DE L'ACTUALITÉ O.R.L.

## LA CONDUCTION OSSEUSE : une vieille connaissance mal connue



Avec celle de la conduction aérienne (CA), l'étude de la conduction osseuse (CO) constitue l'élément essentiel du bilan audiométrique. En évaluant la valeur fonctionnelle de l'oreille interne et des voies auditives, en permettant la distinction entre surdité de transmission et surdité de perception, elle revêt une importance diagnostique et pronostique majeure. Mais le développement des nouvelles techniques de réhabilitation auditive, et notamment des prothèses implantables en a aussi souligné l'intérêt thérapeutique puisque c'est d'elle dont dépend en grande partie les indications.

Pour ancienne que soit sa connaissance – pensons à Beethoven touchant le piano à l'aide d'une tige de bois tenue entre ses dents pour en percevoir les sons ou au dentophone en peau de porc tendue utilisé par les sourds au siècle dernier - son mécanisme exact reste mal connu. Un article récent en résume les hypothèses les plus actuelles.

### Par air

Un stimulus sonore ambiant parvient normalement à l'oreille

interne par voie aérienne (CA), c'est-à-dire par l'intermédiaire de l'oreille externe puis moyenne et donc grâce au jeu de la chaîne ossiculaire. Le mouvement sinusoïdal de l'étrier induit des variations de pression des liquides labyrinthiques induisant à leur tour une vibration de la membrane basilaire (MB) décrite par Von Békésy sous la forme d'une onde propagée. La forme et l'amplitude de l'enveloppe de cette dernière sont fonction de la fréquence et de l'intensité du son incident (même si la découverte ultérieure des phénomènes actifs liés aux cellules ciliées externes en a quelque peu modifié la description initiale).

Il convient toutefois de rappeler qu'au-delà de 50 dB, une stimulation par CA présentée à une oreille peut mettre en vibration les structures osseuses qu'elle rencontre et donc stimuler l'oreille controlatérale par CO. En d'autres termes, à partir d'une certaine intensité sonore, la CA se transforme en CO. C'est le transfert crânien, classique piège audiométrique de la « courbe fantôme ».

### Par os

La CO correspond pour sa part à la transmission à l'oreille interne d'une stimulation sonore par les structures osseuses sans – théoriquement – le concours de l'oreille moyenne.

### en 2 mots

- La conduction osseuse fait classiquement appel à l'inertie des liquides labyrinthiques et de la chaîne ossiculaire aux basses fréquences et à une alternance de compression et de dilatation de la coque cochléaire aux hautes fréquences.
- En réalité, elle peut emprunter la voie cartilagineuse mais également les tissus mous ou les liquides comme le LCS.
- Ces notions rendent compte de certaines observations cliniques (encoche de Carhart, courbe fantôme, déhiscence du canal supérieur, etc.).
- L'audiométriste doit en tenir compte dans son étude de la CO.

Des travaux déjà anciens ont montré qu'une stimulation vibratoire osseuse provoquait dans l'oreille interne une onde propagée dont les caractéristiques étaient identiques à celle déclenchée par CA. De même les produits de distorsion sont-ils comparables qu'ils soient secondaires à une stimulation osseuse ou aérienne. En d'autres termes, quel que soit le point d'entrée du stimulus sonore, c'est la mise en vibration de la MB qui constitue la voie finale de la perception auditive.

Il convient au passage de souligner qu'une stimulation osseuse produit aux basses fréquences une excitation vibrotactile à l'origine de fausses réponses audiométriques notamment chez l'enfant sourd. Cette modalité de stimulation plurimodale rend compte également du fait que la sensation d'intensité croît plus vite en CO qu'en CA. Elle s'étend également au système vestibulaire expliquant certaines manifestations vertigineuses ressenties par certains implantés cochléaires.

### Les deux chemins classiques

Le problème posé est donc de savoir comment une vibration osseuse parvient à ébranler la MB. Deux mécanismes sont admis.

Le premier repose sur *l'inertie des liquides labyrinthiques*. Aux basses fréquences de stimulation, les structures osseuses crâniennes vibrent à la façon d'un corps indéformable, c'est-à-dire que leur oscillation réalise des mouvements de translation. Du fait de leur inertie, les liquides ne suivent pas en phase les mouvements du crâne et c'est ce décalage de la vibration qui stimule la MB et donc l'organe de Corti (pensons à la pulpe d'orange agitée à l'intérieur d'une bouteille de boisson sucrée secouée énergiquement). Un tel mécanisme d'excitation est appelé *conduction osseuse par inertie*. Bien évi-

demment, les mouvements liquidiens ne peuvent avoir lieu que si le jeu des fenêtres est libre.

Le deuxième mécanisme est celui de *la compression de la coque cochléaire*. Aux fréquences élevées, le crâne agit comme une structure élastique. Une stimulation osseuse provoque alors une alternance de compression et de dilatation des parois osseuses. En d'autres termes, la cochlée se déforme en phase avec le stimulus induisant des mouvements liquidiens favorisés par la différence de compliance entre la fenêtre ovale et sa platine rigide et la fenêtre ronde et sa membrane souple, et par la différence de volume entre les deux rampes vestibulaire et tympanique. Le gradient de pression intralabyrinthique qui en résulte stimule ainsi la MB et donc l'organe de Corti. Là encore, un libre jeu des fenêtres est – théoriquement – requis.

Mais à côté de ces deux mécanismes connus de longue date, il apparaît que la CO emprunte d'autres voies d'accès à l'oreille interne.

### Par cartilage

L'application d'un vibreur sur la mastoïde est susceptible de stimuler les structures cartilagineuses de l'oreille externe. Cette conduction cartilagineuse (CC) renforce la CO notamment lorsque l'on obstrue le conduit auditif externe. Il n'est pour s'en convaincre que de constater que notre propre voix nous paraît plus forte en se bouchant l'oreille, par renforcement de la CO aux basses fréquences aux dépens de la CA diminuée par l'occlusion du conduit. La CC est d'ailleurs utilisée dans le test de Lewis-Federici consistant à appuyer un diapason de basse fréquence sur le tragus et dont on sait qu'il est négativé dans l'otospongiose, la CC devenant plus faible que la CO.

### Par osselets...

Aux basses fréquences, nous l'avons vu, l'os temporal se comporte comme une structure indéformable. En son sein, la chaîne ossiculaire est suspendue à l'annulus osseux par son attache tympanique et à la fenêtre ovale par le ligament annulaire. Par effet de ressort, la vibration en monobloc du container osseux entraîne celle, phasique, des osselets, renforçant ainsi la CO. Aux fréquences aiguës, en revanche, se produit un décalage de phase limitant l'effet de renforcement. C'est à la fréquence de résonance de la chaîne que l'inertie ossiculaire joue son rôle amplificateur le plus efficace.

Ceci signifie que la CO met en jeu également l'inertie des osselets et donc l'oreille moyenne ! D'ailleurs en cas de blocage de l'étrier, la CO est altérée autour de la fréquence 2kHz (encoche de Carhart).

### ...et par les tissus mous !

Un dernier mécanisme est suggéré par le fait que la mise en place d'un vibreur osseux sur un volet de craniotomie ou sur la fontanelle du nouveau-né provoque l'apparition de potentiels évoqués auditifs. Ceci suggère que l'organe de Corti pourrait être stimulé par un autre type de conduction qu'osseuse ou aérien, soit en l'occurrence par le liquide cérébro-spinal !

La preuve en a été récemment établie par des travaux expérimentaux montrant qu'après immobilisation totale de la chaîne ossiculaire et blocage des fenêtres, un vibreur osseux appliqué sur l'œil induisait une stimulation de l'organe de Corti ! Ceci démontrerait que les tissus mous eux-mêmes pourraient constituer une voie d'accès à l'oreille interne.

Et que la CO pourrait ne pas être une conduction purement osseuse !

## L'avis de l'expert



**Pr. René Dauman**  
Service ORL, Hôpital Pellegrin, CHU Bordeaux

### **Malgré quelques incertitudes résiduelles, la conduction osseuse reste d'un apport majeur en Otologie**

Dès qu'ont été menées les premières tentatives pour mesurer l'audition de manière précise (c'est-à-dire en dB) chez l'humain, l'usage de la conduction osseuse s'est imposé dans l'exercice de l'otologie et de l'audiologie. En même temps que se développaient des techniques chirurgicales de plus en plus sophistiquées, les connaissances initialement dérivées de l'anatomie se sont complétées. On a ainsi longtemps considéré, et donc enseigné, que la conduction osseuse se distinguait fondamentalement de la conduction aérienne en court-circuitant l'oreille moyenne au lieu de l'emprunter comme le fait celle-ci, permettant par là-même de séparer les surdités de transmission des surdités de perception. Avec des techniques plus fines d'imagerie identifiant avec davantage de précision des pathologies comme la déhiscence du canal supérieur, mais aussi grâce aux travaux suédois sur la réhabilitation chirurgicale de l'audition par les prothèses à ancrage osseux, sans oublier des travaux de recherche fondamentale menés en Israël sur des voies extra-osseuses d'acheminement sonore, on s'est progressivement rendu compte que les voies donnant accès à l'oreille interne étaient en réalité plus complexes. On sait maintenant que les vibrations de la conduction osseuse empruntent aussi la chaîne ossiculaire et même le conduit auditif externe, en partie quand l'oreille externe est bouchée. On ignore cependant la contribution exacte de ces chemins nouvellement dessinés.

La validité clinique de la conduction osseuse reste néanmoins incontestée. Chez le jeune enfant, elle permet de savoir très rapidement si au moins une des cochlées fonctionne convenablement, ce qui constitue une information importante dans la pratique de l'ORL pédiatrique et le développement langagier de l'enfant. Dans la chirurgie de la réhabilitation auditive, la conduction osseuse permet de déterminer avant toute opération les chances de succès, évitant par la même des espoirs infondés et des interventions chirurgicales inappropriées sur l'oreille moyenne.

Deux paradoxes doivent cependant rester présents à l'esprit. Le premier est l'usage restreint de la conduction osseuse dans la vie de tous les jours qui cette fois n'intervient physiologiquement que dans des circonstances bien précises : quand nous parlons, quand nous chantons, ou quand nous sommes confrontés à des vibrations fortes de notre environnement. Le reste du temps l'audition se fait par la voie aérienne seule. Ce premier paradoxe se limite cependant au sujet normal, car lorsqu'une oreille ne fonctionne plus ou très mal, la conduction dite aérienne se transforme rapidement en conduction osseuse, les sons venant alors impressionner le système auditif de l'autre côté. C'est tout le problème de ce qu'il est convenu d'appeler les courbes fantômes, la réponse du sujet étant initiée non pas dans l'oreille que le testeur croyait stimulée, mais du côté opposé. En pratique clinique, le piège de la conduction osseuse demeure une des difficultés majeures de l'audiométrie. En cela, la pratique de la conduction osseuse doit faire l'objet d'un soin tout particulier, notamment de la part de ceux qui n'ont pas encore acquis une expérience solide de l'audiophonologie.

## Ouvrages à lire

Dauman R. La conduction osseuse : comment expliquer ce phénomène aux mécanismes complexes. Eur Ann Otorhinolaryng Head Neck Dis 2013 ; 130 : 214-8.

Perez R et al. Bone conduction activation through soft tissues following

complete immobilization of the ossicular chain, stapes footplate and round window. Hear Res 2011 ; 280 : 82-5.

Sohmer et al. Bone conduction experiments in humans - a fluid pathway from bone to ear. Hear Res 2000 ; 146 : 81-8.

Stenfeld S et al. Factors contributing to bone conduction : the outer ear. J Acoust Soc Am 2003 ; 113 : 902-12.

Tonndorf J. Compressional bone conduction in cochlear models. J Acoust Soc Am. 1962 ; 34 : 1127-31.

## Un accompagnement personnalisé pour vos patients !



e[n]tendre

La force d'un réseau,  
l'implication d'un indépendant

■ L'audioprothésiste Entendre est un indépendant qui s'engage personnellement et engage son équipe pour la satisfaction totale de vos patients.

■ Un accueil et un accompagnement personnalisés de vos patients tout au long des différentes étapes de son appareillage.

■ Des produits et des services à la pointe de la technologie et de l'innovation, proposés par un réseau national.

■ Une des meilleures centrales d'achats en France, vos patients bénéficieront des meilleurs produits au meilleur prix.

