

RÉSONANCE DE LA PROPRE VOIX

Gestion par l'OVP & l'insertion profonde

La gêne de la propre voix est une remontée quasi systématique des patients nouvellement appareillés. Cette gêne est due à une sensation de résonance de la propre voix. Elle peut être parfois suffisamment forte pour décourager le patient du port des aides auditives. Il est donc fondamental de solutionner cette problématique. Nous verrons ci-dessous les causes de cette résonance et les différentes approches et solutions pour l'atténuer, voire la supprimer.

ORIGINES DE LA RÉSONANCE DE LA PROPRE VOIX

La résonance de la propre voix provient de la modification de l'autophonation due à l'amplification et/ou l'effet d'occlusion

L'AUTOPHONATION

L'autophonation est la perception naturelle de sa propre voix.

Le cerveau analyse la boucle audio-phonatoire, pour ajuster la production de notre voix et en corriger la perception [Fig. 1 flèches rouges]. C'est ce qui explique que le malentendant parle souvent fort pour s'entendre et placer sa propre voix, et c'est d'ailleurs grâce à cette boucle que le chanteur peut chanter juste !

L'autophonation provient de deux sources, une perception externe, aérienne, entre la bouche et le pavillon [Fig. 1 flèches bleues], et une perception interne, cartilagineuse, entre le larynx et le CAE (Conduit Auditif Externe) [Fig. 1 flèches jaunes].

- **La perception interne** passe par les vibrations laryngées – donc cartilagineuses – qui se propagent jusqu'aux deux tiers externes cartilagineux du CAE. Le tiers profond du conduit ne vibre pas car il est solidaire de la masse crânienne. Si le conduit est vide, sa paroi concave transmet les vibrations cartilagineuses à l'air, et ces vibrations laryngées se transforment donc en son dans le CAE. **Notre conduit auditif cartilagineux joue donc le rôle d'une membrane de haut-parleur à notre propre voix, c'est une autophonation naturelle.** Cette autophonation naturelle sera à la fois éliminée et absorbée. Dans sa majeure partie elle sera éliminée vers l'air extérieur, parce que son impédance acoustique est la plus faible. Et, en beaucoup plus faible partie, elle sera absorbée par le tympan, ce qui contribuera à l'équilibre fréquentiel que nous percevons de notre propre voix.

La transmission du son ne se fait pas de la même façon selon la densité du matériau traversé. Plus il est dur – comme l'os – plus il absorbe les aigus et laisse passer les graves, et plus il est souple – comme l'air – mieux il transmet les aigus. Le cartilage, de densité intermédiaire, laisse bien passer les médium graves et absorbe les aigus. L'équilibre fréquentiel de notre propre voix, c'est à dire son timbre, provient donc de la balance entre la perception aérienne de notre voix, en bande large avec des aigus parfaitement conservés (quand l'audition est normale bien sûr), et de la perception interne essentiellement grave et médium.

- **La perception externe** de notre voix bénéficie donc de la préservation des aigus par la voie aérienne entre la bouche et l'oreille, et aussi de leur amplification due au pavillon et au conduit. Pour le patient appareillé cependant, la perception externe de sa voix résulte du gain corrigeant sa perte et de l'impédance acoustique de l'adaptation¹ (occlusion due au dôme ou à l'embout et/ou effets *vent-out* des BF et *vent-in* des HF dus à l'événement).

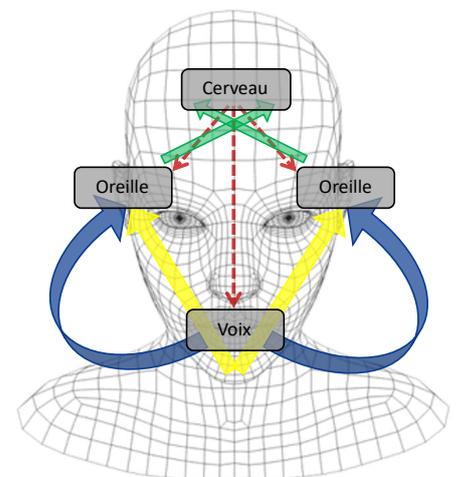


Figure 1 : Boucle audio-phonatoire, et contrôle central.

1. Précédent Zoom sur les critères du choix des paramètres acoustiques.

En résumé, l'autophonation est un phénomène naturel qui provient de la sommation des deux sources :

1. **Interne**, cartilagineuse, essentiellement medium-grave, provenant des vibrations laryngées
2. **Externe**, aérienne, bande large, provenant de la voix émise par la bouche.

L'EFFET D'OCCLUSION

Il provient de ce paradoxe apparent : pour corriger la perte de perception du patient, nous commençons par y ajouter une composante de transmission en lui obstruant plus ou moins le conduit par la présence même de l'embout ou de l'intra ! Cette obstruction réduit ou bloque l'élimination vers l'extérieur de l'autophonation, et oblige celle-ci à être absorbée par le tympan. La voix du patient lui sera alors restituée plus fortement.

Elle sera également perçue comme plus grave car, le conduit ouvert laissant surtout fuir les basses fréquences [Fig. 2], **l'occlusion aura pour conséquence de conserver ces BF dans le conduit. L'effet d'occlusion rendra alors la perception de sa propre voix plus forte, et plus grave.** D'ailleurs, l'occlusion permettant une amplification des sons extérieurs à la fois plus forte et plus grave, elle est utilisée pour corriger les pertes sévères à profondes dans les BF !

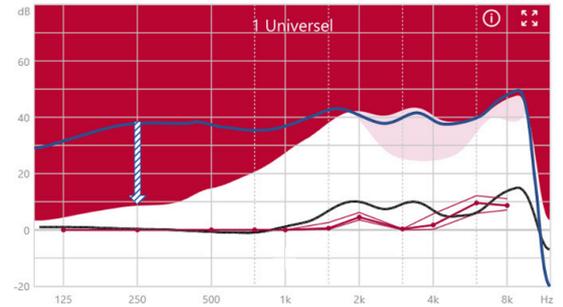


Figure 2 : Gain max. embout open (vs embout fermé).

AUTOPHONATION MODIFIÉE ET OCCLUSION → RÉSONANCE

L'autophonation passe inaperçue si la balance des voies interne et externe est équilibrée [Fig. 3a], ou si elle correspond aux habitudes acoustiques du patient [Fig. 3b]. Lors du premier appareillage, la balance autophonatoire mémorisée par le patient se trouve tout d'un coup modifiée par le gain appliqué sur la voie externe pour corriger la perte aiguë [Fig. 3c].

Si l'adaptation est ouverte [Fig. 3c], le timbre de sa voix paraîtra au patient plus aigu, mais pas plus fort car la sonie dépend des graves. Le patient ne parlera pas de résonance. Cependant, le gain utilisable des aigus sera limité par le gain critique. Si gain et gain critique sont trop proches, des pics de résonance seront audibles sur les aigus créant une sonorité métallique, y compris sur la propre voix¹.

Si l'adaptation est plus fermée [Fig. 3d], l'autophonie interne grave, ne pouvant plus s'éliminer vers l'extérieur, va être absorbée par le tympan. Le patient perçoit alors sa voix plus grave, plus forte et jugée résonante.

Il est donc normal que le patient soit surpris de cette autophonie modifiée, tout comme nous l'avons été la première fois que nous avons écouté notre voix enregistrée. Et, rappelez-vous, vous n'avez pas aimé le son de votre voix !

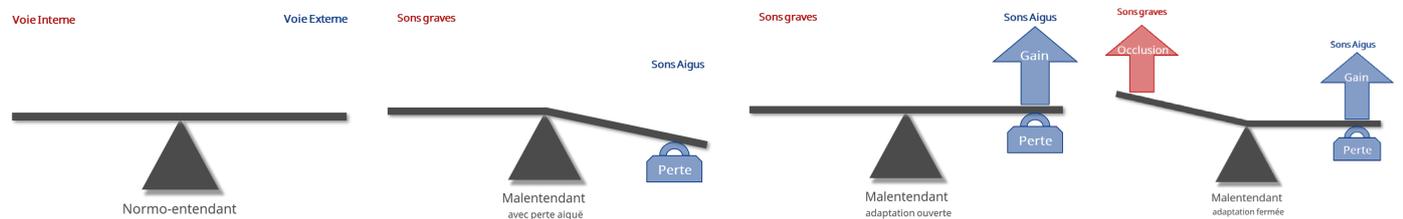


Figure 3 : La sur perception des graves de la propre voix, due au couple «autophonie modifiée + occlusion», génère la résonance.

EN RÉSUMÉ

L'autophonie externe amplifiée, et l'autophonie interne, sont captives au fond du conduit auditif par l'occlusion. Elles sont ensuite absorbées par le tympan.

L'autophonie résultante, plus grave et trop forte, génère alors la gêne du patient décrite comme une sensation de résonance [Fig. 4].

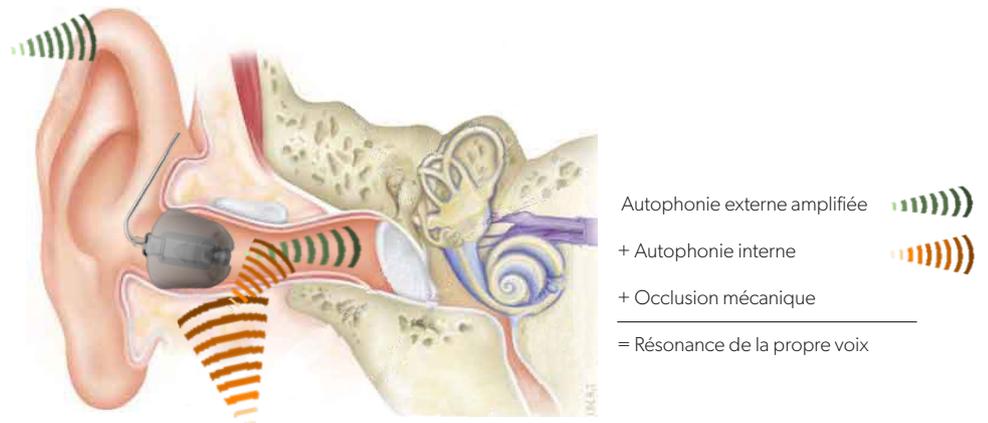


Figure 4 : L'autophonie modifiée par l'amplification et l'occlusion, crée la résonance.

1. Précédent Zoom sur les critères du choix des paramètres acoustiques.

GESTION DE LA RÉSONANCE DE LA PROPRE VOIX

La surprise de percevoir sa voix différemment peut déclencher une émotion négative, qui focalisera l'attention du patient sur sa voix, renforçant cette émotion. Il est souhaitable d'éviter ce bouclage due à la surprise en prévenant le patient qu'il percevra différemment sa propre voix et qu'il va s'habituer à ce nouveau timbre. Tout comme l'on s'habitue progressivement à la sonorité de notre voix enregistrée sur un répondeur téléphonique. Ainsi lors du renouvellement, la sonorité de sa voix ne sera plus une surprise. Il se focalisera moins sur ce paramètre et se concentrera plus sur les bénéfices de son appareillage.

En primo appareillage, pour réduire la surprise d'une modification rapide de sa propre voix, il est utile d'agir sur les trois paramètres de la résonance de la propre voix que sont l'occlusion, l'autophonie externe et l'autophonie interne.

1) Réduction de l'occlusion

Il est fréquemment choisi de traiter les problèmes de résonance de la propre voix par une sur-aération. **Augmenter l'évent** est efficace pour augmenter le confort sur la propre voix, mais cela **se fait au détriment de l'efficacité prothétique**, particulièrement en environnements bruyants¹. En effet, le gain sur les consonnes est limité par le Larsen et les bruits graves passent au tympan sans traitement, résultant en une chute du rapport signal bruit.

Il est heureusement possible de restituer au patient un équilibre perceptif en travaillant sur les deux composantes de l'autophonie, **sans être obligé de sur-aérer le conduit auditif**.

2) Normalisation de l'autophonie externe, amplifiée

Il s'agit ici de l'autophonie apportée par l'amplification de l'appareil, avec un gain ajusté pour corriger la perte auditive du patient. Le but étant de rendre une sonie confortable à la voix des interlocuteurs situés à une distance moyenne d'un mètre. Par le jeu des compressions, cette sonie retrouve des variations normales pour l'écoute des voix faibles et fortes. Cependant la propre voix, émise à moins de 15 cm des microphones des appareils, sera captée par les microphones à un niveau nettement plus élevé. Sachant qu'en réduisant de moitié la distance d'une source sonore on en augmente l'intensité de 6 dB, le niveau moyen de la propre voix aux micros des appareils sera donc de $65 + 18 = 83$ dB. Et avec des facteurs de crête de 20 dB environ, **la propre voix atteint des pics supérieurs à 100 dB aux micros des appareils**. Malgré l'action des compressions, la propre voix est restituée à forte intensité et **avec un équilibre fréquentiel brusquement modifié**. Créant, pour le patient pas encore habitué à l'amplification, un inconfort et une sensation de résonance.

La normalisation de l'autophonie externe peut se faire par une sous-amplification ou par l'OVP.

- Réduction de l'autophonie par baisse du gain des sons forts

La propre voix étant captée par les micros à forte intensité, nous pouvons dans les compressions réduire de 2 à 3 dB le gain G_{80} [Fig. 5]. Baisser aussi de 1 à 2 dB le gain des sons moyens G_{65} améliore souvent le ressenti. **Cependant, cette baisse de gain affectera aussi tous les sons de la vie courante, y compris la voix des autres.**

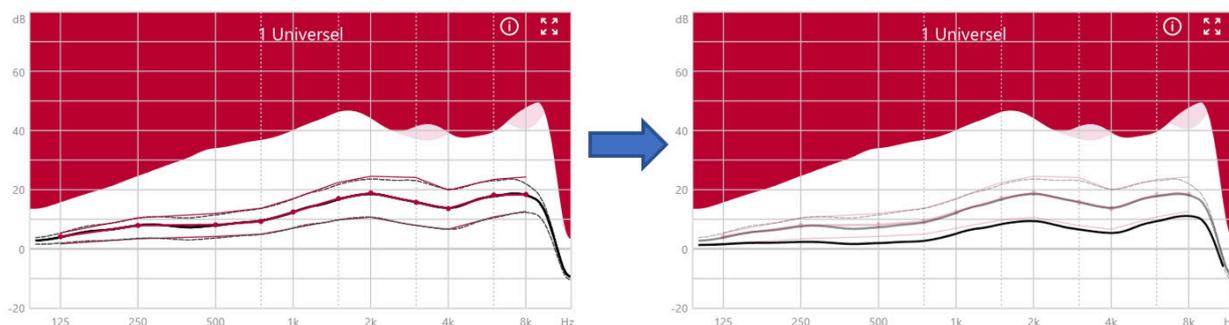


Figure 5 : Réduction de l'autophonie externe par baisse large bande de G_{80} .

1. Précédent Zoom sur les critères du choix des paramètres acoustiques.

- Normalisation de la sonie de la propre voix par l'OVP

Exclusivité de Signia, l'OVP baisse l'amplification tant que le patient s'exprime, et la rétablit après. Instantanément, automatiquement. La baisse d'amplification est gérée par la Compression Adaptative, indispensable donc à son fonctionnement. Contrairement à la baisse du G_{80} dans l'onglet compression, cette baisse de gain est très ponctuelle et ne s'active que sur la voix du patient. De plus, ce rééquilibrage par OVP est réglable sur trois niveaux d'efficacité pour normaliser la sensation d'intensité de la propre voix.

Le cerveau corrige la perception de notre propre voix en déclenchant le stapédien au moment de l'émission vocale. Ce réflexe naturel nous permet de nous entendre avec une sonie normale, bien que la source de notre voix soit dix fois plus proche que celle des autres voix. En fait, le réflexe stapédien est un OVP naturel !

La mise à jour logicielle **AX Upgrade**, du 3 mai 2022, permet de bénéficier de l'OVP 2.0.

Cette amélioration utilise la technologie à deux unités de traitement de AX, pour appliquer la réduction de gain déclenchée par la parole du patient exclusivement sur le processeur traitant le signal utile. Le second processeur traitant les signaux d'ambiance ne subit plus de réduction [Fig. 6]. Pour le patient, l'OVP 2.0 stabilisera sa perception de l'environnement lors de conversations animées. Une simple mise à jour du firmware des appareils suffit à en bénéficier, pas de pré réglage nécessaire.

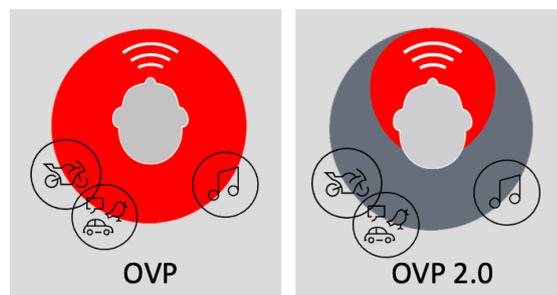


Figure 6 : Réduction globale avec OVP vs réduction focalisée avec OVP 2.0.

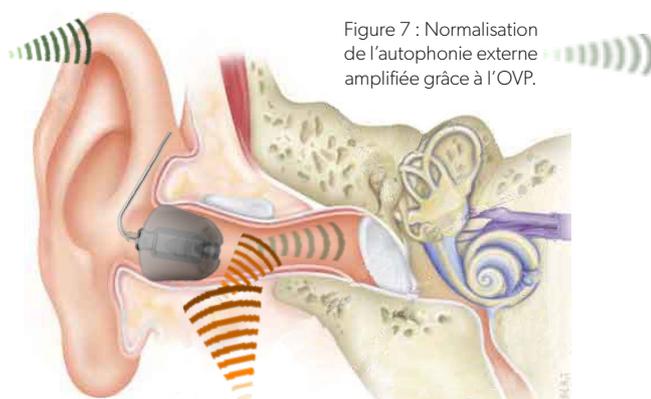


Figure 7 : Normalisation de l'autophonie externe amplifiée grâce à l'OVP.

La baisse manuelle et continue du gain G_{80} sous Connexx, ou sa réduction automatique et ponctuelle par l'OVP ou l'OVP 2.0, normalisera la pression acoustique de l'autophonation externe au fond du conduit [Fig. 7], sans obligation d'un agrandissement de l'événement. Le patient sera donc moins sujet à une résonance de sa propre voix, tout en conservant l'efficacité des traitements du signal et leurs bénéfices.

Cependant, l'autophonie interne doit elle aussi être prise en compte, et il est possible de l'atténuer fortement, voire de l'éliminer complètement.

3) Compensation ou annulation de l'autophonie interne

L'autophonie interne se produit quand la vibration laryngée passe de cartilagineuse à aérienne, à la surface de la zone cartilagineuse du conduit auditif, quand il est vide. Cette autophonie, essentiellement grave et médium, est naturelle. Elle ne devient gênante que si elle est piégée entre un dôme ou un embout et le tympan, car elle s'ajoute au niveau de sortie de l'appareil. La sur perception résultante de la propre voix peut donc être en partie compensée par le gain de l'appareil.

1. Précédent Zoom sur les critères du choix des paramètres acoustiques.

- Compensation par une baisse du gain BF

Si l'autophonie interne est piégée au fond du conduit, on peut la compenser par une réduction du gain G_{80} des fréquences graves et médiums [Fig. 8]. Une légère atténuation du gain des sons moyen (G_{65}) améliorera aussi la sonie de la propre voix.

Bien sûr cette réduction de gain affectera aussi la voix des interlocuteurs.

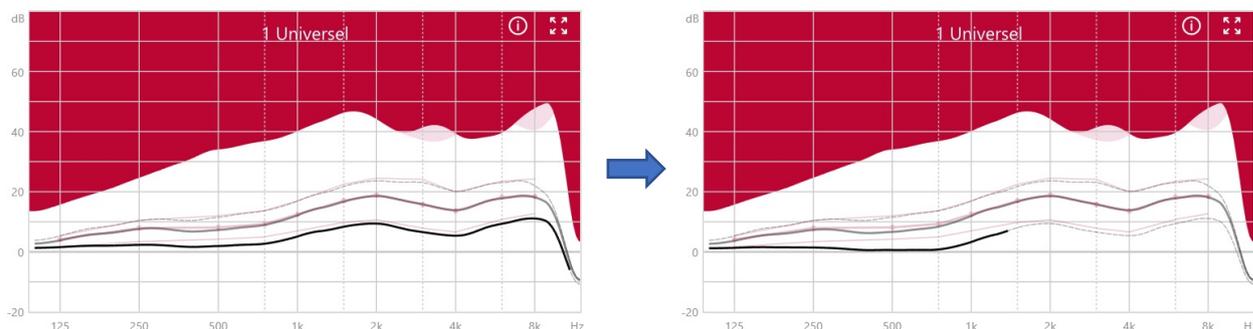


Figure 8 : Compensation de l'autophonie interne par baisse du G_{80} des graves et médiums.

- Compensation par l'action de l'OVP

Les formules de pré-réglage NAL tiennent compte de cette autophonie interne trop fortement absorbée par le tympan, et la compensent en sous amplifiant les graves. Mais le fondamental laryngé des autres voix et ses premières harmoniques sont aussi sous amplifiées. Ce compromis permet cependant au patient une meilleure acceptation de l'appareillage [Fig. 9 NAL-NL1 & NAL-NL2].

Grâce à l'OVP, depuis NxFit les formules d'adaptation Signia ne sont plus obligées de faire ce compromis [Fig. 9 AXFit], et offrent au patient confort auditif et bonne perception des autres voix. Avec AXFit, les graves ont le gain optimal aux trois intensités pour garantir le meilleur équilibre fréquentiel aux intensités faibles comme fortes, sans gêne pour la propre voix.

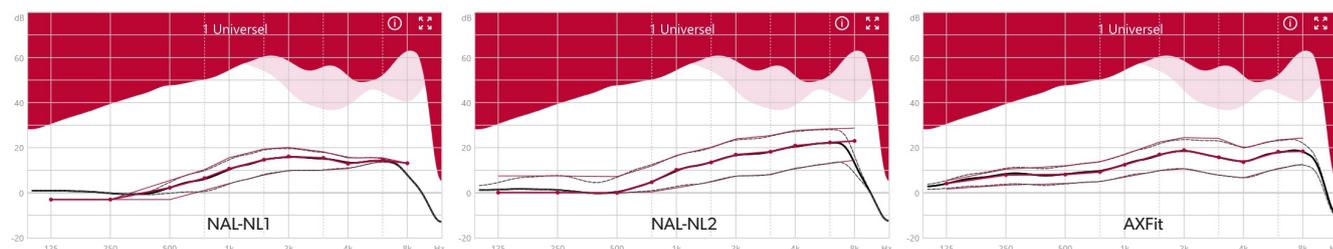


Figure 9 : Comparatif de la gestion des gains graves en NAL-NL1, NAL-NL2 et AXFit (avec perte et paramètres acoustiques identiques).

La baisse de gain a donc pour but de compenser la gêne liée à l'addition de l'autophonie interne avec l'amplification de l'appareil. Il est néanmoins possible d'agir directement sur cette autophonie interne en réduisant, voire en annulant complètement, son passage vers le tympan et son absorption.

- Baisse, ou annulation, de l'autophonie interne par une insertion profonde

En insérant plus profondément le dôme ou l'embout, la surface cartilagineuse libre avant le tiers osseux du conduit diminue, réduisant ainsi la voie de passage de l'autophonie interne vers le tympan. La résonance de la propre voix diminue.

Une insertion du dôme / embout en zone osseuse au deuxième coude, bloque toute arrivée d'autophonation interne, cartilagineuse, au tympan [Fig. 10]. L'absence de sur perception de sa propre voix c'est aussi l'absence de résonance !

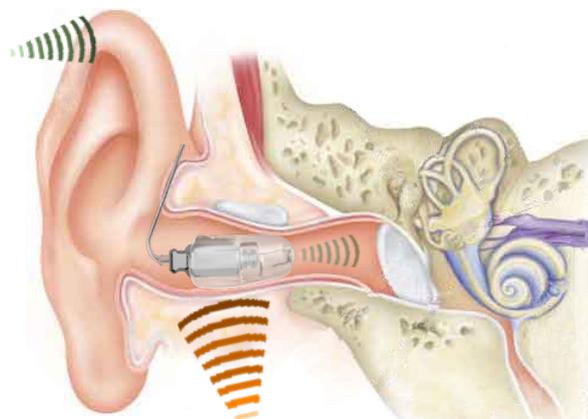


Figure 10 : Annulation de l'autophonie interne par une insertion profonde.

EN RÉSUMÉ, LA CONFIGURATION IDÉALE DE L'AUTOPHONIE PERÇUE PAR LE PATIENT

Même avec une occlusion plus ou moins importante inhérente à l'appareillage, pouvoir redonner au patient une intensité de sa propre voix équivalente à celle du normo-entendant est la condition *sine qua non* pour éviter la résonance et assurer l'acceptation. Pour cela, la solution idéale est de normaliser l'autophonie externe par l'OVP et éliminer l'autophonie interne par une insertion au deuxième coude. **Associer OVP et insertion profonde élimine donc tout risque de résonance de la propre voix**, même avec une aération minimale de décompression. L'autophonie, c'est-à-dire la propre voix, sera alors perçue avec une sonie normalisée, plus naturelle.

CAS PARTICULIERS OÙ L'INSERTION PROFONDE EST INDISPENSABLE

Sur une **perte en pente de ski avec des graves bien conservés**, adaptée en intra auriculaires : vous n'avez pas d'OVP ni la possibilité d'associer un grand évent et un fort gain aigu à cause du Larsen. Il sera nécessaire de faire une insertion au-delà du 2^{ème} coude [Fig. 11] pour éliminer la résonance de la propre voix tout en corrigeant la perte des aigus avec un petit évent de décompression. La faible distance entre coque et tympan renforcera l'amplification des aigus, et la sortie du son dans l'axe du 3^{ème} tiers favorisera leur captation par le tympan.

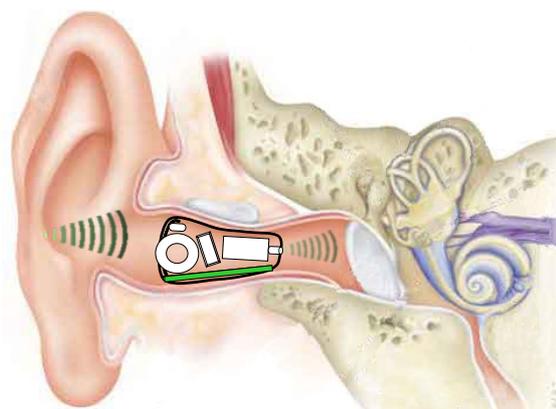


Figure 11 : Annulation de l'autophonie interne par une insertion profonde.

Si vous devez faire des **bouchons anti-eau pour un enfant** porteur de yoyos trans tympaniques, ils devront impérativement arriver ou dépasser le 2^{ème} coude pour ne pas créer une gêne insupportable à l'enfant quand il va crier en s'amusant à la piscine. Si l'autophonie interne passe entre le bout du bouchon et le 2^{ème} coude, elle sera complètement absorbée par le tympan et l'enfant aura vite envie de les enlever. Avec une insertion au deuxième coude ou après, l'enfant, n'ayant pas de résonance de sa voix, oubliera vite ses bouchons.

De même si vous devez réaliser des **bouchons anti-bruit** pour des professionnels devant les utiliser en continu (travail en usine, forge, chantiers, etc.) il est souhaitable qu'ils aient une insertion profonde afin qu'ils puissent communiquer aisément et sans gêne.

