

Les CIC sur-mesure comme alternative possible aux contours microStyle «Open»



L'attrait croissant des contours d'oreille «mini» et «micro» a résulté, en partie, d'une combinaison efficace de design et de fonctionnalités qui a séduit une nouvelle génération d'utilisateurs d'aides auditives. Une enquête récente de Kochkin (2006) pour le Better Hearing Institute, indique qu'avec les appareillages «Open» à tube fin, le nombre de premiers utilisateurs a augmenté de 29%, réduisant ainsi leur âge moyen d'environ une décennie. Sur le marché des Etats-Unis en particulier, qui a été dominé pendant plusieurs décennies par les intra-auriculaires sur-mesure, ces appareils ont alimenté les fortes hausses de ventes globales de contours, qui représentent maintenant à peu près la moitié du volume total d'appareils vendus aux USA. Parmi eux, environ 20% sont des contours «mini» ou «micro».

Cette croissance considérable s'est largement faite au détriment des plus gros appareils intra-auriculaires. Les appareils CIC (complètement dans le conduit auditif), quant à eux, sont restés relativement stables à environ 10% du total des appareils vendus. Bien que les contours dominent la plupart des marchés européens, une étude allemande réalisée par l'Akademie für Hörgeräte-Akustik indique que 80% des

patients qui entrent dans un centre d'appareillage aimeraient acheter une aide auditive invisible CIC, même si la plupart d'entre eux ressortent avec un contour d'oreille. De nombreux consommateurs préfèrent à l'évidence les avantages esthétiques et la simplicité d'emploi des petits appareils sur-mesure. De plus, bien que les microphones directionnels ne soient pas pratiques sur les CIC, la préservation des résonances du pavillon et de la conque procure des bénéfices directionnels comparables à ceux d'une oreille non appareillée (Roberts et Schulein, 1997). Historiquement, les CIC ont eu un succès limité dans les cas de pertes auditives aiguës en raison du larsen, de l'effet d'occlusion et des restrictions de gain. De récentes innovations technologiques ont cependant corrigé ces défauts, offrant aux utilisateurs d'appareillages ouverts le choix entre des solutions CIC ou contours. Exélia CIC Petite introduit un nouveau système d'évent acoustiquement optimisé (Acoustically Optimized Venting – AOV) qui, associé à la Technologie LarsenBloc, donne moins d'occlusion et de larsen avec une qualité sonore supérieure, par rapport aux autres appareils disponibles sur le marché; il offre ainsi une réelle alternative aux microContours «Open».

PHONAK

life is on

Appareillages «Open»

Les méthodes d'appareillages ouverts ou «Open» existent depuis des décennies. Elles utilisent de grands événements pour minimiser l'occlusion chez des patients dont l'audition est normale dans les graves. Les difficultés pour assurer l'audibilité des aigus sans Larsen a cependant compromis le succès des premières applications. Le développement de systèmes anti-larsen par inversion de phase en temps réel dans les aides auditives numériques a considérablement amélioré la situation, en particulier dans les générations actuelles de contours d'oreille «mini» et «micro», car ils permettent de réaliser de plus grands événements et de mieux séparer le microphone de l'écouteur que dans les intra-auriculaires. Ceci, ainsi que l'avancée en âge des «baby-boomers» qui commencent à ressentir l'impact de leur style de vie «rock and roll» par des presbycusies induites par le bruit, a conduit à une poussée considérable des ventes de contours d'oreille. Des données récentes de l'HIA (Hearing Industries Association) indiquent que les contours ont

représenté la moitié des nouvelles ventes d'appareils en 2007 aux USA, chiffre à comparer à 20% au début du siècle. Cette croissance est largement due aux microContours. Dans une enquête, le BHI (Best Hearing Institute) a plus particulièrement analysé les raisons de la popularité croissante des microContours. Par rapport aux autres appareils, les utilisateurs comme les audioprothésistes ont cité la moindre occlusion et la réduction du larsen comme raisons principales aux meilleurs résultats obtenus (figure 1).

L'optimisation des paramètres de l'événement, les progrès constants des algorithmes anti-larsen et une miniaturisation plus poussée des composants de l'aide auditive, permettent maintenant de réaliser des appareillages ouverts avec de petits intra-auriculaires sur-mesure, plébiscités par de nombreux patients pour leur esthétique, leur simplicité d'emploi et leurs performances.

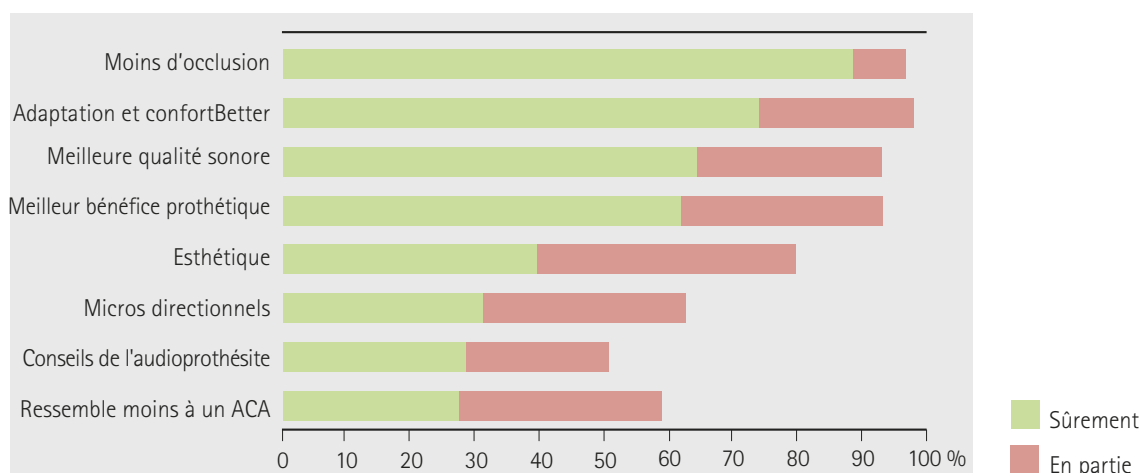


Figure 1
Principales raisons pour adapter des contours d'oreille «Open» (Kochkin, 2006).

Event personnalisé

Avec le nouvel Exélia CIC Petite, Phonak introduit l'Event Acoustiquement Optimisé (Acoustically Optimized Venting – AOV). L'AOV utilise les données de masse acoustique de l'événement pour évaluer la performance acoustique globale de l'aide auditive. Une masse acoustique décrit l'effet de l'événement sur la courbe de réponse de l'aide auditive. La quantité de son qui s'échappe par l'événement dépend non seulement de son diamètre, mais aussi de sa longueur et de sa forme. La même masse acoustique peut être obtenue avec des dimensions très différentes: un petit événement avec un tube court peut être équivalent à un gros événement avec un tube long. Les Events Acoustiquement Optimisés ne peuvent être réalisés que par une combinaison d'outils numériques 3D hautement intégrés pour la modélisation de l'appareil, la production et l'adaptation. Différentes informations sont utilisées pour calculer une valeur «cible» de la masse acoustique de l'événement, dont les données audiométriques du patient, le gain requis dans les aigus et dans les graves, le risque d'occlusion, le risque de larsen, etc. Ces informations sont utilisées par le logiciel de modélisation 3D des coques pour faire un calcul pluridimensionnel et délivrer une valeur cible pondérée de la masse acoustique. Cette valeur cible est alors utilisée pour modéliser l'AOV. Le style d'événement (par exemple circulaire, D-shape, IROS, IROS

inversé, D-shape discontinu), le diamètre et la longueur totale peuvent être manipulés indépendamment pour atteindre la valeur de masse acoustique cible calculée. Plusieurs nouveaux styles d'événements modernes ont été développés, tels que l'événement «D-shape discontinu IROS inversé» qui maximalise la taille totale de l'événement en utilisant des sections transversales variables, afin d'optimiser en même temps l'espace disponible dans la coque pour placer les composants. Ceci contribue à réduire au minimum la taille de l'appareil tout en ayant le plus grand événement possible, nécessaire pour la perte auditive spécifique du patient.

La valeur de la masse acoustique réelle qui en résulte peut alors être sauvegardée et transférée électroniquement dans l'aide auditive lors de la dernière étape du processus de production. La valeur AOV est utilisée par le logiciel d'appareillage pour optimiser la compensation de l'événement dans le calcul de l'appareillage, ce qui aura un impact sur l'allure de la courbe de réponse, sur le réglage de l'anti-larsen et sur d'autres paramètres d'adaptation fine, afin de délivrer la courbe idéale du gain d'insertion et une qualité sonore naturelle. Le résultat final de tous ces progrès technologiques, c'est un événement vraiment personnalisé offrant le plus petit appareil possible avec le meilleur événement possible.

Investigations en laboratoire et sur le terrain

Une étude a été menée pour analyser une série de conditions de laboratoire et de situations concrètes qui permettent de comparer l'efficacité de microContours et de CIC adaptés en «Open», en analysant en particulier quatre questions spécifiques importantes:

Gestion de l'occlusion

grâce à l'Event Acoustiquement Optimisé. Ceci revient typiquement à utiliser le plus grand événement possible, mais reflète aussi l'interaction entre la masse acoustique de l'événement, représentative de son diamètre, de sa longueur et de son volume, et l'occlusion estimée. Kiessling et al (2005) ont indiqué que la masse acoustique est directement liée à l'occlusion signalée par les utilisateurs d'aides auditives. La taille de l'événement est un facteur essentiel en matière d'occlusion, mais il ne serait pas possible de l'optimiser sans avoir recours à des composants miniatures, à un positionnement optimal de ces composants et à des techniques fiables de production des coques. Les aides auditives modernes le permettent désormais, en grande partie grâce aux circuits numériques et à la production numérique des coques.

Prévention du larsen

Les systèmes anti-larsen modernes par inversion de phase délivrent un Gain Stable Supplémentaire (GSS) quand l'algorithme est activé. Cependant, l'interaction entre l'audibilité et le GSS devrait être évaluée in situ pour assurer l'audibilité de la parole pour différents niveaux vocaux.

Audibilité

Les anciens appareillages «Open» réduisaient le risque de larsen en limitant l'amplification des aigus, ce qui avait à son tour un impact sur

l'intelligibilité vocale des consonnes aiguës fricatives et sifflantes. Les appareillages «Open» efficaces ne doivent pas sacrifier l'audibilité – en particulier dans les aigus – pour prévenir le larsen quand de grands événements sont utilisés.

Courbe de réponse régulière

grâce à une «adaptation acoustique» appropriée entre la réponse in situ de l'aide auditive et le volume résiduel dans le conduit auditif, tenant compte de l'effet des résonances du tube, du volume, de la longueur et du diamètre de l'événement, et des impédances de l'oreille et de l'écouteur de l'aide auditive. Les aides auditives qui minimisent les crêtes de résonance délivrent une meilleure qualité sonore et une meilleure intelligibilité vocale que les systèmes qui ne prennent pas ces facteurs en compte (Davis et Davidson, 1996; van Buuren, Festen, et Houtgast, 1996). Dans les appareillages ouverts, le manque d'optimisation acoustique correcte peut aussi conduire à augmenter l'effet larsen.

L'étude a posé plusieurs questions importantes:

- L'occlusion et le larsen peuvent-ils être réduits dans les appareils CIC à des niveaux comparables à ceux des appareils microContours, chez les candidats typiques aux appareillages ouverts?
- La gestion anti-larsen moderne délivrera-t-elle de bonnes performances en termes d'audibilité pour différents niveaux d'entrée vocaux?
- L'optimisation acoustique des paramètres audioprothétiques combinée à une meilleure suppression du larsen assurera-t-elle des avantages à l'utilisateur en termes d'occlusion, de courbe de réponse in situ, de qualité sonore et d'intelligibilité vocale?

Evaluation en laboratoire d'un nouvel algorithme anti-larsen

La principale différence entre les appareillages ouverts d'hier et d'aujourd'hui réside dans la prévention du larsen dans la vie réelle. Les performances techniques de tout système doivent être comparées à des données de référence pour déterminer le potentiel de réussite.

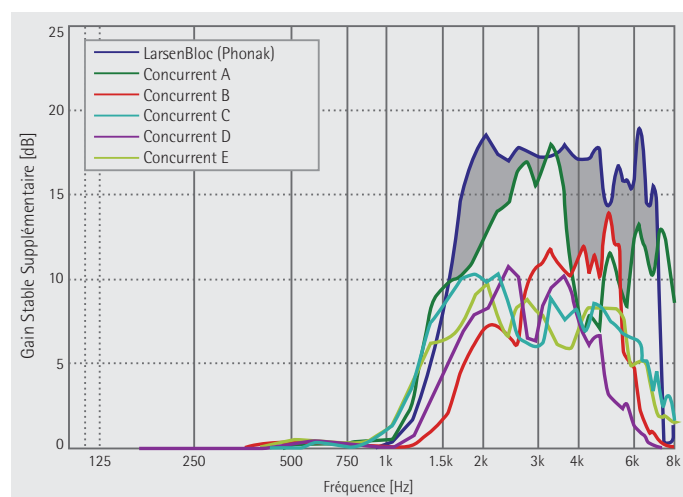


Figure 2
Gain Stable Supplémentaire (GSS) mesuré en fonction de la fréquence pour six contours d'oreille «Open» disponibles sur le marché.

Freed et Soli (2006) et Merks et al. (2006) ont proposé une approche basée sur le «Gain Stable Supplémentaire» (GSS) comme mesure des performances techniques, en utilisant une tête artificielle placée dans une chambre sourde et un moteur linéaire pour déplacer un objet à une distance reproductible de l'oreille et de l'aide auditive. Ceci permet de faire des simulations réalistes de différentes conditions de larsen. Ce type d'installation a servi à comparer, en termes de GSS, les performances d'un nouveau système anti-larsen (Technologie LarsenBloc de Phonak), qui est aussi utilisé dans un nouvel appareil CIC «Open». (Exélia CIC Petite), avec celles des produits existant dans le commerce. Le GSS revient à déterminer combien de gain acoustique supplémentaire peut être appliqué quand l'anti-larsen est en marche par rapport au gain obtenu quand il est arrêté. La figure 2 illustre les mesures de GSS sur six aides auditives différentes. Tous les appareils étaient normalisés au même niveau de gain. La figure 2 montre bien que la Technologie LarsenBloc de Phonak procure nettement plus de gain stable supplémentaire que les systèmes de référence utilisés pour des appareillages ouverts, en particulier dans la bande importante comprise entre 1500 et 3000 Hz (par exemple, 16,7 dB versus 13,8 dB pour le concurrent A).

Evaluation Clinique du nouvel Exélia CIC Petite de Phonak

Sujets

Vingt-six patients malentendants (16 hommes et 10 femmes) ont participé à l'étude. Leur âge moyen était de 65 ans et la majorité d'entre eux étaient déjà utilisateurs d'aides auditives. Tous étaient des candidats typiques pour des appareillages ouverts; la moyenne des seuils audiométriques est représentée figure 3.

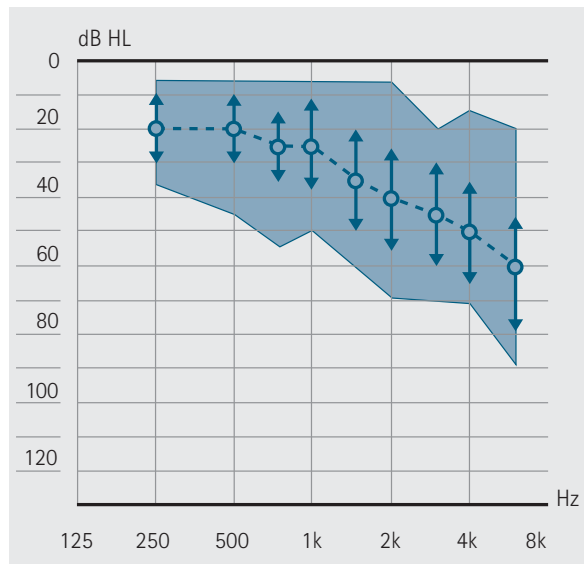
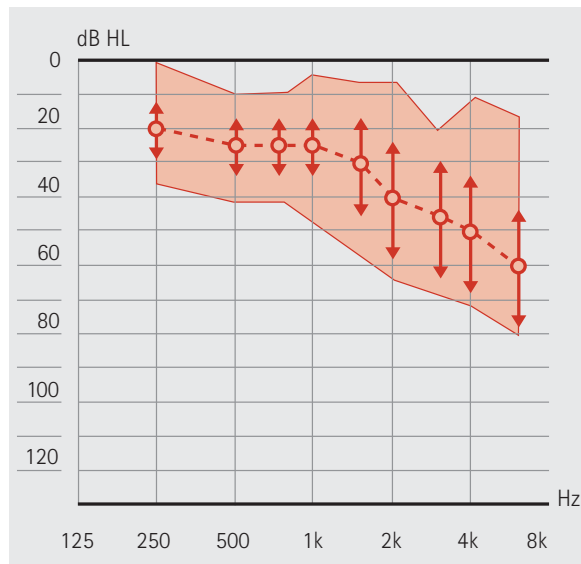


Figure 3
Caractéristiques audiométriques (moyennes, écarts-types et dispersions) pour les oreilles droites (rouge) et gauches (bleu) des 26 sujets qui ont participé à l'étude

Aides auditives

Chaque sujet a été appareillé en binaural avec trois jeux d'aides auditives:

1. Exélia CIC Petite avec l'Event Acoustiquement Optimisé (AOV)
2. Savia Art CIC avec embout IROS
3. microSavia Art CRT avec dôme ouvert

Les aides auditives ont été programmées selon les cibles prescriptives NAL-NL1, d'après la saisie dans le logiciel iPFG 2,0 des seuils audiométriques de chaque sujet. Des mesures in situ ont ensuite été réalisées pour évaluer l'audibilité de la voix enregistrée faible (50 dB SPL) et moyenne (65 dB SPL) d'un locuteur masculin, et pour s'assurer que les sons forts (balayage MPO à 85 dB SPL) n'étaient pas inconfortables. Les indices d'intelligibilité vocale (Speech Intelligibility Index – SII) ont été calculés pour chaque appareil dans les conditions 50 et 65 dB SPL, afin d'évaluer le degré d'audibilité vocale procuré par chaque système auditif pour des stimuli de la vie réelle. Le SII est une mesure actualisée dérivée de la théorie de l'articulation qui s'appuie sur des calculs de l'audibilité de la parole par bandes pondérées de tiers d'octave, en prenant en considération les niveaux de parole et de bruit dans un environnement d'écoute, l'importance de la perte auditive et le niveau d'amplification des sons par les aides auditives dans les conditions de l'essai. Le SII inclut les effets des distorsions qui peuvent se produire dans le son amplifié, et il est donc idéal pour

prédire le bénéfice prothétique. Le SII s'est révélé être un outil fiable pour prévoir les performances des normo-entendants comme des malentendants dans différents environnements d'écoute. Outre les mesures in situ, les sujets ont évalué l'efficacité du système anti-larsen de chaque appareil sous trois conditions:

- 1) Quand le test anti-larsen n'a pas été exécuté
- 2) Quand le test anti-larsen a été exécuté sur un coupleur de 2 cm³
- 3) Quand le test anti-larsen a été exécuté in situ avec le iPFG

Pour chacune des conditions, la présence de larsen a été testée dans les deux oreilles dans des situations d'écoute «dynamique», le sujet déplaçant lentement sa main gauche ou droite dans un plan parallèle au pavillon en commençant à 30 cm (12 pouces) et en se rapprochant progressivement jusqu'à ce que le larsen apparaisse. La distance (en pouces) entre la main et l'oreille au moment où le larsen apparaît a été enregistrée de chaque côté avec les trois jeux d'aides auditives. De plus, pour chaque condition, les sujets ont écouté deux passages musicaux et les ont évalués subjectivement en termes de qualité sonore et de présence de modulation. Enfin, tous les sujets ont porté pendant deux semaines les appareils Exélia CIC Petite avec AOV, après quoi ils ont rempli un questionnaire subjectif relatif aux bénéfices ressentis en termes de qualité sonore, d'intelligibilité vocale, d'occlusion et de larsen.

Résultats

Occlusion

Les sujets ont répondu à un questionnaire lors de l'adaptation initiale avec chacun des trois appareils. Les indices subjectifs d'occlusion moyens ont révélé une qualité supérieure et une meilleure sonie de sa propre voix avec Exélia qu'avec Savia Art CIC et microSavia Art CRT. 20 des 26 sujets ont estimé qu'Exélia était meilleur ou comparable à Savia Art CRT. En outre, un questionnaire a été rempli par les sujets après avoir essayé pendant deux semaines les appareils Exélia CIC Petite AOV. Les résultats ont montré que les sujets portaient leurs appareils en moyenne 9,5 heures par jour, pour une durée totale d'utilisation de 155 heures. D'excellentes performances subjectives ont été indiquées quant à l'intelligibilité vocale dans le calme et dans le bruit, la sonie et la qualité de sa propre voix, et la satisfaction globale.

Larsen

L'optimisation du système anti-larsen par des mesures in situ s'est traduite, pour toutes les aides auditives, par l'absence de larsen dans des conditions d'écoute statique. Les résultats du test de larsen «dynamique» ont révélé une amélioration statistiquement significative pour Exélia AOV comparé aux appareils Savia Art CIC et CRT, comme le montre la figure 4. Le larsen apparaissait quand le sujet rapprochait sa main à une distance de 0,21 et 0,53 et 0,56 pouces respectivement avec Exélia, alors qu'avec les modèles Savia Art, le larsen apparaissait à une distance moyenne supérieure à 1,25 cm (0,5 pouces).

Calculs d'audibilité

Les trois appareils évalués dans cette étude avaient une compression à canaux multiples et un transducteur de sortie large bande. Il n'est donc pas surprenant que les SII (indices d'intelligibilité vocale) calculés soient comparables. Comme avec tous les systèmes à compression de toute la gamme dynamique (WDRC), le larsen a plutôt tendance à se produire à de faibles niveaux d'entrée et le fait que l'indice d'intelligibilité vocale moyen calculé soit supérieur pour Exélia AOV CIC Petite (0,55) que pour Savia Art CRT (0,48) semble indiquer que le perfectionnement de l'anti-larsen procure une meilleure audibilité pour les signaux d'entrée faibles (figure 5). En fait, pour 22 des 26 sujets, le SII calculé sur de la parole à 50 dB SPL était supérieur avec Exélia CIC Petite AOV qu'avec Savia Art CRT. La combinaison d'une meilleure audibilité des sons faibles et de perceptions subjectives d'occlusion comparables suggèrent que l'Event Acoustiquement Optimisé associé à un anti-larsen efficace donne un résultat positif dans les cas d'appareillages ouverts avec Exélia CIC Petite.

Régularité de la courbe de réponse in situ (REAR)

Un indice de quantification de la régularité de la courbe de réponse (Frequency Response Smoothness Quantification Index - FReSQI) modifié, développé par Schultz et al (1992), a été utilisé pour déterminer les irrégularités des courbes de réponse en fréquence des aides auditives en calculant «l'erreur» entre la réponse prothétique in situ (REAR) et un polynôme du second degré calculé entre les fréquences de coupure sélectionnées dans les graves et les aigus. En utilisant cette mesure, les valeurs de FReSQI calculées étaient plus faibles, ce qui indiquait une courbe plus régulière, pour Exélia CIC Petite AOV (15,1) que pour Savia Art CIC (26,1) et Savia Art CRT (25,2).

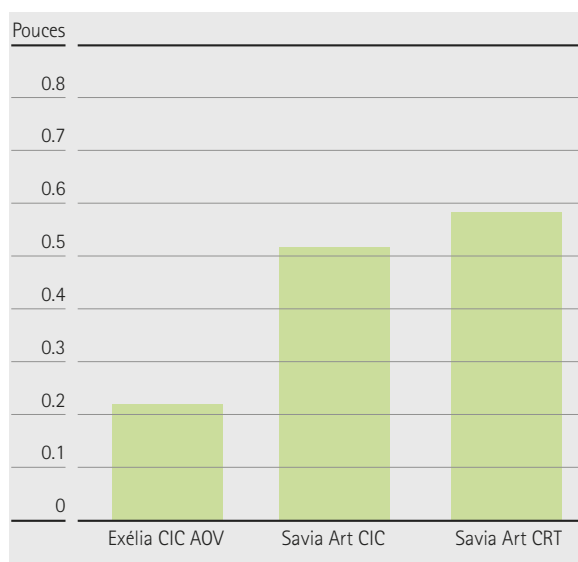
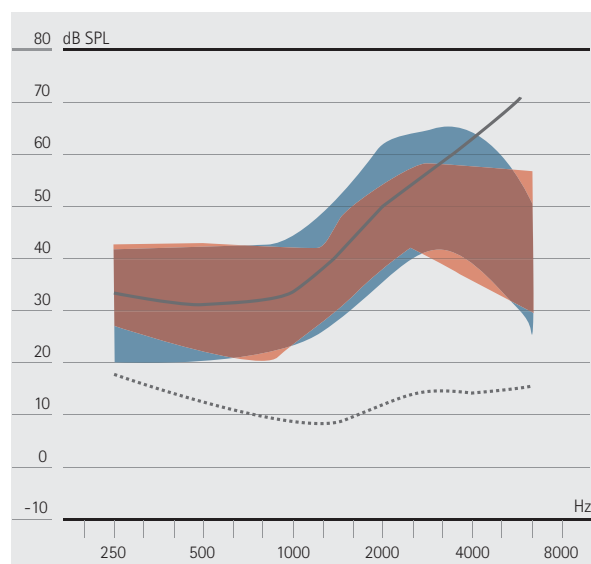


Figure 4

Distance moyenne à laquelle le larsen apparaissait lors de la mesure du larsen «dynamique», les sujets déplaçant leur main dans un plan parallèle à l'oreille. Ils commençaient à une distance de 30 cm (12 pouces), et se rapprochaient progressivement de l'oreille jusqu'à ce que le larsen se produise ou qu'ils touchent leur oreille.



■ SII=0,55; Exélia CIC Petite AOV

■ SII=0,48; Savia Art CRT

— Cible DSL

Figure 5

Valeur moyenne de la parole amplifiée et calculs du SII pour Exélia CIC Petite avec AOV (bleu) et Savia Art CRT (rouge).

Conclusions:

En réponse aux questions expérimentales, les résultats de la présente étude indiquent que l'optimisation acoustique de l'événement et des paramètres de l'aide auditive délivre une courbe de réponse in situ plus régulière, ce qui est plus profitable aux utilisateurs en termes d'occlusion, de qualité sonore et d'intelligibilité vocale. De plus, l'occlusion et les mesures de larsen avec Exélia CIC Petite et l'AOV étaient moindres que ce que l'on observait avec le microContour Savia Art CRT chez des candidats typiques aux appareillages «Open». Enfin, le système perfectionné de contrôle anti-larsen d'Exélia s'est traduit par une meilleure suppression du larsen dans des conditions d'écoute «dynamique», tout en assurant aussi une meilleure audibilité des niveaux vocaux faibles.

En résumé, des performances efficaces avec des appareillages «Open» dépendent de:

1. La gestion de l'occlusion
2. La prévention du larsen pour des conditions d'écoute statique et dynamique
3. L'audibilité des sons vocaux faibles et d'autres sons
4. la régularité de la courbe de réponse in situ

Exélia CIC Petite avec l'Event Acoustiquement Optimisé (AOV), les techniques numériques de production des coques et la Technologie LarsenBloc permettent d'atteindre ces objectifs en offrant une solution qui assure le succès prothétique et donne aux patients une alternative valable aux appareils microContours pour des appareillages ouverts.

Références

Davis, L.A. and Davidson, S.A. (1996). *Preference for and Performance With Damped and Undamped Hearing Aids by Listeners With Sensorineural Hearing Loss*. Journal of Speech and Hearing Research Vol. 39, p. 483-493.

Freed, D. and Soli, S. (2006). *An Objective Procedure for Evaluation of Adaptive Antifeedback Algorithms in Hearing Aids*. Ear & Hearing. 27(4): p. 382-398.

Merks, I., Banerjee, S. and Trine, T. (2006). *Assessing the effectiveness of feedback cancellers in hearing aids*. The Hearing Review 13(4): p. 53-57.

Kochkin, S. (2006). *BHI Survey looks at Thin-Tube/Open-Fit BTEs*. The Hearing Review. 13(10).

Roberts, M. and Schuelein, R. (1997). *Measurement and intelligibility optimization of directional microphones for use in hearing aid devices*. Paper 4515 (B3) presented 103 AES Convention, New York.

Schultz, T. Y., Davidson, S. A., Davis, L. A., & Krishnamurthy, A. K. (1992). *Quantifying the irregularity of hearing aid responses*. ASHA, 34, 199.

van Buuren, R. A., Festen, J. M., and Houtgast, T. (1996). *Peaks in the frequency response of hearing aids: Evaluation of the effects on speech intelligibility and sound quality*. Journal of Speech and Hearing Research, 39, p. 239-250.