

Peut-on préconiser un appareillage ouvert ?



OTICON

Force est de constater que les appareillages open ont le vent en poupe depuis quelques années et les Rites à eux seuls représentaient en 2010 33,7 % des ventes. Le succès de ce type d'appareillage pour la réhabilitation des pertes auditives légères pose la question de leur indication pour des surdités plus importantes. Une étude multicentrique menée par des audioprothésistes français tend à montrer que les aides auditives de type Open-Rite sont indiquées pour des déficiences auditives moyennes voire plus performantes que d'autres modèles dans les situations bruyantes les plus difficiles.

En Europe, la prévalence de la perte auditive moyenne (41-70 dBHL - BIAP) est estimée à 4,6 % (étude Hear-it, Pr Bridget Shield London South Bank University, 2006). Selon le rapport Gillot (Le droit des sourds, 1998) 1 320 000 individus présentent ce niveau de surdité en France. Le récent succès des appareillages "open" pour corriger les pertes auditives légères pose la question de leur indication pour des surdités plus importantes. Les appareillages "open" se distinguent des contours d'oreille "conventionnels" car ils sont dotés d'un tube fin raccordé soit à une canule, soit à un embout auriculaire sur mesure. Le faible diamètre du tube permet une large aération du conduit auditif externe, proposant ainsi une solution adaptée aux surdités légères avec une bonne conservation des basses fréquences. Dans la configuration "RITE" (Re-

ceiver In The Ear) ou "RIC" (Receiver In the Canal), l'écouteur a été "déporté" dans le conduit auditif externe. Pour ces deux types d'appareillage, il est possible, par un choix de canule ou d'embout léger, de limiter l'obturation du conduit auditif et de bénéficier de l'effet "oreille ouverte" (Figure 1).

La première partie de cette étude rappelle les conséquences acoustiques de ce choix prothétique. Dans une deuxième partie, les résultats de trois groupes de patients ayant bénéficié de solutions prothétiques différentes sont comparés.

Adaptation prothétique "oreille ouverte" : conséquences acoustiques

● Conservation du gain naturel de l'oreille

La résonance naturelle du conduit auditif externe produit une amplification des hautes fréquences appelée gain naturel de

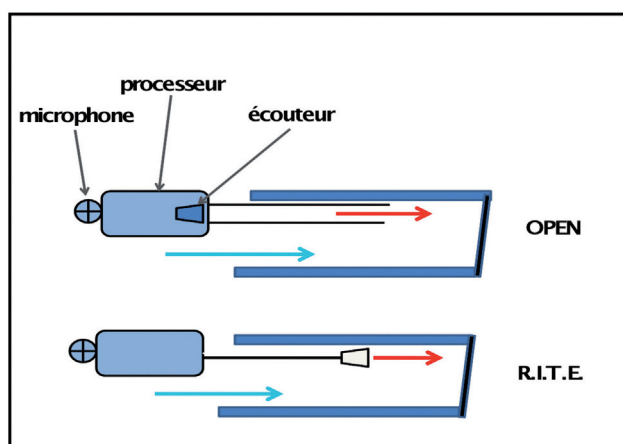


Figure 1 : Schéma synoptique représentant les deux configurations d'appareillage "oreille ouverte" : Open et Rite (Receiver in the Ear).

l'oreille ouverte ou "Real Ear Open Gain" (Shaw, 1966-1974). Lors de la mise en place d'une aide auditive, l'insertion de l'embout auriculaire dans le conduit annule ce gain naturel (Grover et Martin, 1979). On parle alors de "perte d'insertion" qui doit être compensée par une amplification supplémentaire. En 1989, MacKenzie a démontré que le gain naturel de l'oreille est préservé si l'événement est suffisamment important. Grâce à des mesures par sonde microphonique placée au fond du conduit auditif, Mueller et Ricketts ont confirmé que la mise en place d'un appareillage de type "open" n'affecte pas le gain naturel de l'oreille (Mueller, 2006).

Suppression de l'effet d'occlusion

L'effet d'occlusion a été étudié depuis de nombreuses années (Grover et Martin 1979, Dempsey 1990, Moore 1997). Ce phénomène a été décrit pour avoir notamment un retentissement négatif sur la perception de la propre voix du patient (Mueller et al, 1996). Durant la vocalisation, l'énergie transmise par conduction osseuse provoque une vibration des parois cartilagineuses du conduit. Ces vibrations se transforment en partie en énergie acoustique qui se propage dans le conduit auditif externe. Lors de la mise en place d'un embout obturant, cette énergie acoustique est bloquée et provoque une élévation de la pression acoustique au niveau de la membrane tympanique. Cette énergie est centrée sur les basses fréquences avec un pic compris entre 200 et 500 Hz. L'incidence de l'effet d'occlusion est variable avec des valeurs moyennes de 12 à 16 dB mais pouvant atteindre 25 à 30 dB chez certains individus (MacKenzie et al, 2004). Cet effet désagréable diminue lorsque le diamètre de l'événement est augmenté (Kiessling et al 2005).

Dans son étude de 1989, MacKenzie a démontré l'absence d'effet d'occlusion lorsque le patient porte un appareillage "Open". La perception naturelle de sa propre voix serait favorable à une meilleure acceptation de l'appareillage auditif. D'ailleurs, une enquête menée par Dillon en 2001 a révélé que 27,8 % des patients appareillés n'étaient pas satisfaits de la perception de leur propre voix. Cet inconvénient est à l'origine de nombreux échecs ou abandons d'appareillage auditif.

● Diminution de la pression acoustique dans le conduit auditif externe

Lors de la mise en place d'un appareillage auditif, lorsqu'une ouverture est réalisée dans l'embout auriculaire, il apparaît une diminution de la pression acoustique mesurée dans le conduit auditif. En effet, les ondes sonores peuvent s'échapper par la colonne d'air aménagée. Cooper et al ont démontré en 1975 que cette modification affecte essentiellement les fréquences graves. La réduction de pression acoustique atteint 20 dB sur le 250 Hz (Kuk, 2006) pour un événement de 3 mm et 8 dB en moyenne entre le 750 et le 1000 Hz pour un événement de 2 mm de diamètre (MacKenzie et Browning, 1989).

● Effets indésirables de sommation

L'entrée simultanée de sons par le canal naturel et par le canal "prothétique" génère soit une sommation soit une annulation des signaux selon qu'ils soient en phase ou en opposition de phase (Figure 2). Il semblerait que ces perturbations acoustiques puissent affecter l'intelligibilité (Kuk 2006).

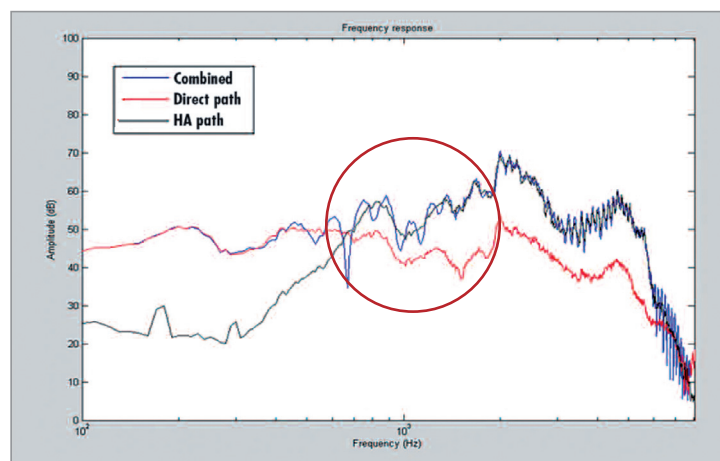


Figure 2 : Niveau recueilli en dB SPL dans trois conditions : voie directe, voie amplifiée par l'aide auditive, et la combinaison des deux voies. Le signal utilisé : speech-shaped babble of the CST. Les perturbations apparaissent lorsque les deux voies se rencontrent à la même intensité (Mueller et Ricketts, 2006).

Conséquences sur le résultat prothétique

L'intérêt de l'embout ouvert pour la correction des déficiences auditives sur les hautes fréquences a été mis en évidence en 1968 par Dodds et Harford à l'occasion de l'utilisation des premiers systèmes CROS (Contralateral Routing Of Signal). Cette possibilité n'a finalement suscité que peu d'engouement pendant plus de 30 ans. La récente disponibilité d'aides auditives "Open" a motivé plusieurs auteurs à étudier leur intérêt. En 2003, Kiessling et al avaient constaté une amélioration du rapport signal sur bruit de -2 à -5 dB. Lors de l'étude de Gnewikow and Moss sur un échantillon de 338 adultes (Gnewikow, 2006), les appareillages "Open" obtiennent des scores significativement supérieurs pour certains items : le caractère agréable du son, la perception plus naturelle de sa propre voix et la réduction de l'effet d'occlusion. En 2006, Brian Taylor a comparé deux groupes de patients expérimentés appareillés en "Open" ou en forme classique :

Etude ■ Déficiences auditives moyennes

le questionnaire a mis en évidence une satisfaction patient identique mais a montré une amélioration significative de la localisation et de la perception de leur propre voix pour les patients appareillés en "Open".

Smith et al, en 2008, ont proposé à 369 patients le questionnaire GHABP (Glasgow Hearing Aid Benefit Profile) et ont noté un bénéfice rendu supérieur de 5 à 10 % pour les porteurs d'appareillage "Open" en binaural.

Les travaux cités précédemment concernent plusieurs degrés de surdité et mettent en évidence certains avantages de l'appareillage "Open" sans pour autant afficher une supériorité systématique du bénéfice prothétique et de la satisfaction patient.

Matériels et méthodes

● Critères d'inclusion et recrutement des sujets

Tous les sujets de cette étude ont été recrutés dans deux centres de correction auditive. Ces sujets présentent une déficience auditive moyenne de 1^{er} ou de 2^e degré (classification BIAP) bilatérale de perception. Le caractère perceptif est donné par un rinne strictement inférieur à 15 dB sur les fréquences 500-1000-2000 Hz. Les patients présentent une surdité moyenne symétrique (écart $\leq$ 20 dB) et un maximum d'intelligibilité $\geq$ 80 % obtenu aux listes cochléaires de JC Lafon (Lafon, 1959).

● Appareils auditifs et adaptation

Les appareils auditifs utilisés disposent d'une technologie de classe D adaptés en 2008 et 2009. Les patients sont appareillés de façon bilatérale. Le gain a été réglé selon la même méthode prescriptive (NAL-NL1), puis ajusté de manière personnalisée, à partir de tests d'audiométrie vocale, afin d'optimiser le confort et l'intelligibilité. Le réglage a été validé sur plusieurs séances et testé en situation de vie courante. Le bénéfice prothétique a été mesuré à travers des tests d'audiométrie vocale réalisés en champ libre et à travers des évaluations subjectives par questionnaire. Un temps d'accoutumance a été respecté.

● Audiométrie vocale prothétique

Les épreuves ont été proposées successivement "oreilles nues" puis "oreilles appareillées".

L'objectif était de simuler des conditions fréquemment rencontrées dans la vie courante avec des niveaux usuels de parole.

Les listes sont présentées dans le calme pour des niveaux de 55 et 60 dB SPL. Elles sont ensuite présentées dans un bruit constant à 60 dB SPL pour trois niveaux différents: 65 dB SPL, 60 dB SPL, et 55 dB SPL afin d'obtenir respectivement un rapport signal sur bruit de +5, 0, et -5.

Durant toute la durée du test, le bruit est émis par un haut-parleur (Jamo A340 et Siare) situé à un mètre cinquante environ verticalement au-dessus de la tête du patient. Le positionnement de ce haut-parleur est dit "en douche" (voir Figure 3). Cette configuration permet d'une part d'éviter les biais de mesure dus aux changements des diagrammes de directivité polaire des systèmes microphoniques mais aussi pour limiter le processus de localisation sonore qui est plus favorable lorsque les sources de voix et de bruit sont sépa-

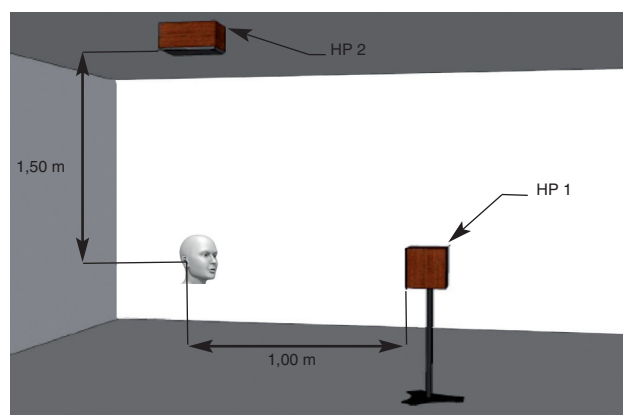


Figure 3 : Disposition des haut-parleurs en cabine insonorisée pour les tests d'audiométrie vocale dans le calme et dans le bruit. Le signal de parole est émis par le Haut-Parleur n° 1 (HP1), placé frontalement par rapport au sujet (azimut 0°), tandis que le bruit est émis par le Haut-Parleur n° 2 (HP2), placé verticalement par rapport au sujet (positionnement dit "en douche").

rées dans le plan horizontal (Plomp et Mimpen, 1979; Santon, 1986; Hennebert, 1968; Garin et Galle, 2002).

Le matériel vocal utilisé lors de ces tests est constitué de listes de logatomes appelées listes Verbo-Fréquentielles (Dodelé, 2001). Il s'agit de mots sans signification. Chaque liste est composée de 17 mots de 3 phonèmes (voyelle-consonne-voyelle). Le nombre de phonèmes correctement répétés est comptabilisé et exprimé en pourcentage. Pour les tests dans le bruit, nous utilisons le bruit de Dodelé appelé "Onde Vocale Globale" (OVG). Il s'agit d'un bruit discontinu, proche du spectre à long terme de la parole, non reconnaissable, écrété et séparé du signal (Dodelé, 2001).

Ce test permet une mesure précise de la discrimination de la parole en s'affranchissant de la suppléance mentale ou de tout autre mécanisme de compensation.

● Evaluation subjective par questionnaire

L'OC questionnaire a été utilisé. Créé par Gnewikow et Moss (Hearing Journal, 2006), il a été conçu pour évaluer une différence de perception que peuvent avoir les patients possédant un appareillage auditif dit "ouvert" par rapport à ceux possédant un appareillage auditif dit "fermé".

Chacune des questions du questionnaire aborde un item précis:

- absence de Larsen
- bénéfice
- perception de sa propre voix
- qualité sonore des voix
- absence d'occlusion.

Il s'agit d'un questionnaire psychométrique qui utilise une échelle (échelle Likert) de sept niveaux possibles. L'OC questionnaire est rempli par le patient six semaines après l'adaptation de l'appareillage auditif.

Résultats

● Analyses statistiques

Les résultats de cette étude sont exprimés en moyennes et erreurs standard par rapport à la moyenne. La comparaison des moyennes a été réalisée selon une analyse de variance

	BTE (n=10)	ITE (n=9)	Open-RITE (n=13)	Total (n=32)
Hommes	70 %	45 %	46 %	53 %
Femmes	30 %	55 %	54 %	47 %
Age Moyen	77,2 ans $\pm$ 8,4	67,9 ans $\pm$ 18,7	63,ans $\pm$ 16,9	69,2 ans $\pm$ 16,2
Perte Auditive moyenne	46,9 dB HL $\pm$ 5,5	48,7 dBHL $\pm$ 8,9	46,9 dB HL $\pm$ 6,5	47,9 dB HL $\pm$ 6,6
Event Moyen	1,9 mm $\pm$ 5,5	1,3 mm $\pm$ 0,3	3,0 mm $\pm$ 1,2	2,2 mm $\pm$ 1,1
Seuil d'intelligibilité moyens	55,3 dB HL $\pm$ 7	52,7 dB HL $\pm$ 7,9	53,9 dB HL $\pm$ 12,4	54,1 dB HL $\pm$ 9,0
Maximum d'intelligibilité	95,5 % $\pm$ 5,5	97,7 % $\pm$ 3,9	96,7 % $\pm$ 5,6	96,6 % $\pm$ 5,0

Tableau 1 : description des différents groupes (n= nombre de personnes testées).

(ANOVA), avec un test de Student. Les résultats étaient considérés significativement différents si la probabilité d'erreur était inférieure à 5 % ($p < 0.05$).

● Constitution des groupes

Les groupes sont décrits dans le tableau 1.

L'analyse statistique montre que :

- Les trois moyennes d'âges ne diffèrent pas significativement.
- La moyenne des événements du groupe Open-RITE est significativement supérieure à celle des deux autres groupes ($p < 0.001$).
- Les pertes auditives moyennes ne diffèrent pas significativement.
- Les seuils d'intelligibilité moyens ne diffèrent pas significativement.
- Les maxima d'intelligibilité sont proches des 100 % et ne diffèrent pas significativement.

Pour chaque fréquence testée, la moyenne des seuils auditifs liminaires est calculée dans chaque groupe et permet de tracer "l'audiogramme moyen" du groupe (Figure 4).

La configuration audiométrique est descendante pour les trois échantillons. La similitude de pente a été vérifiée en comparant les trois moyennes des seuils sur les bandes fréquentielles graves (250, 500, 750 Hz), médiums (1 000, 1 500, 2 000 Hz) et aiguës (3 000, 4 000, 6000 Hz). La comparaison des moyennes dans chaque bande n'a pas mis en évidence de différence significative.

En conclusion, l'étude comparative des différents critères permet d'affirmer que les trois groupes sont homogènes.

● Tests d'audiométrie prothétique

Score prothétique vocal dans le calme

Lors du test d'audiométrie vocale dans le calme, c'est le groupe Open-RITE qui obtient les meilleurs scores de perception pour les deux niveaux 55 dB et 60 dB par rapport aux deux autres groupes (voir Figure 5). Lorsque le niveau est augmenté de 55 à 60 dB, on peut noter une légère élévation pour chacun des groupes.

Cette augmentation plus importante pour le groupe Open-RITE entraîne une différence significative à 60 dB avec le groupe ITE ($p=0.05$).

Score prothétique vocal dans le bruit

En présence de bruit, les meilleurs scores sont également obtenus par le groupe Open-RITE, quel que soit le niveau de difficulté (+5, 0 et -5).

Dans la condition la plus difficile, c'est-à-dire pour un rapport signal/bruit de -5, le score maximum de perception du groupe Open-RITE est significativement supérieur à celui du groupe ITE ($p = 0.02$).

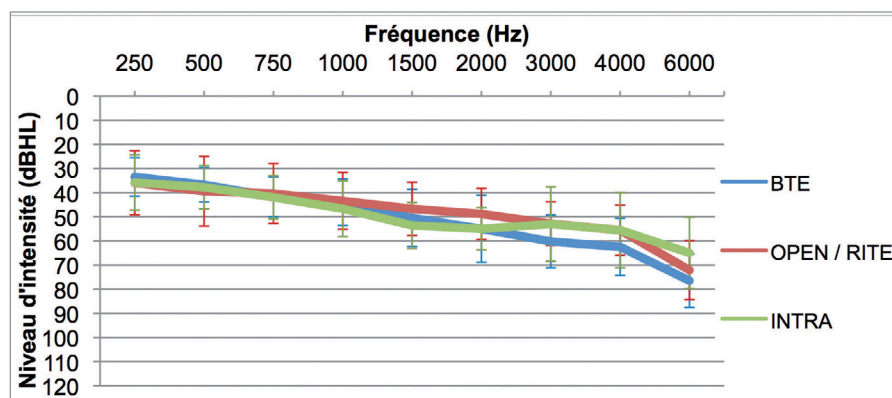


Figure 4 : Seuils auditifs moyens et écarts-types par bande de fréquences pour les trois groupes.

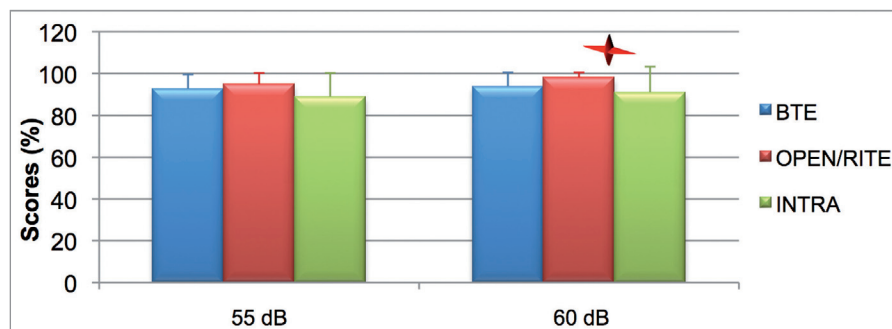


Figure 5 : Score prothétique vocal obtenu au test de Dodelé pour des niveaux d'intensité de 55 dB et 60 dB pour les trois groupes.

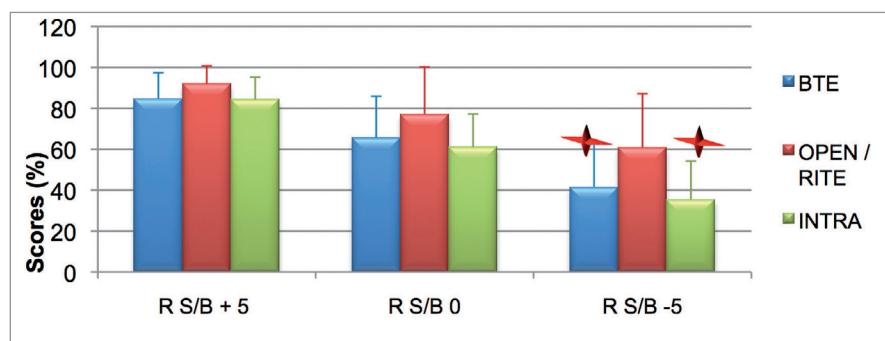


Figure 6 : Score prothétique vocal obtenu au test de Dodelé dans le bruit aux trois rapports signal/bruit (+5, 0 et -5) pour les trois groupes.

Etude ■ Déficiences auditives moyennes

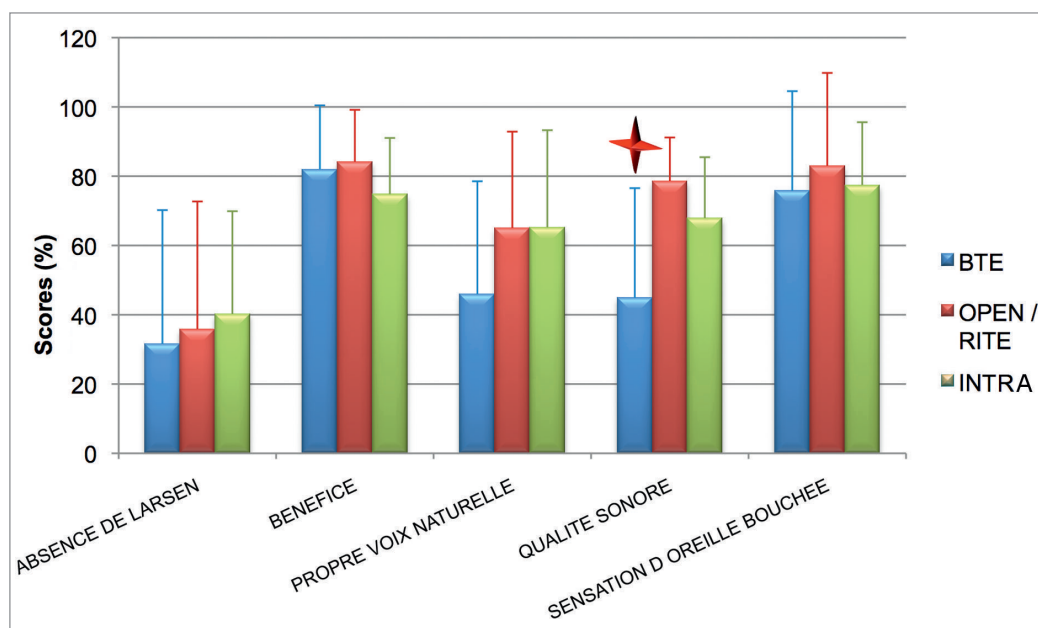


Figure 7 : Scores obtenus pour les 5 items de l'OC questionnaire, pour les trois groupes.

L'observation de la Figure 6 met en évidence une émergence des scores du groupe Open-RITE lorsque les conditions deviennent de plus en plus difficiles.

● Evaluation subjective par questionnaire

Sur l'ensemble des résultats, la lecture des histogrammes de la Figure 7 nous montre que le groupe Open-RITE présente généralement de bons scores, notamment sur l'item "qualité sonore des voix" où les scores sont significativement supérieurs à ceux du groupe BTE ($p = 0.001$).

Discussion

Le score proche de 100 % obtenu en audiométrie vocale dans le calme pour les trois groupes est dû à la bonne capacité résiduelle d'intelligibilité de ces patients.

Lorsque le niveau d'intensité est augmenté de 55 à 60 dB, on note que l'élévation des scores est plus marquée pour le groupe Open-RITE que pour les deux autres groupes.

A cette intensité, la supériorité significative du groupe Open-RITE par rapport au groupe ITE ($p=0.05$) pourrait s'expliquer par la différence significative de leurs diamètres d'événements ($p<0.001$, avec 3 mm pour Open-RITE et 1,3 mm pour le groupe ITE). Toutefois, l'analyse des corrélations entre ces deux paramètres n'a pas pu confirmer cette hypothèse mais

pourrait être étudiée sur un échantillon plus important.

Dans le bruit, on observe à nouveau que le groupe Open-RITE obtient les meilleurs scores de perception, et ce quel que soit le rapport signal/bruit.

Plus le niveau de difficulté augmente (RSB faible), plus la différence intergroupe augmente en faveur du groupe Open-RITE. Il semblerait donc que ce groupe résiste d'autant plus que les conditions se dégradent. L'écart constaté devient significatif avec le groupe le plus faible : le groupe ITE ($p=0.02$). La supériorité des scores du groupe Open-RITE par rapport au groupe ITE pourrait s'expliquer par des diamètres d'événements significativement supérieurs entre ces deux groupes ($p<0.001$), ce qui n'est toutefois pas confirmé par l'étude des corrélations.

Enfin, notons que lors des épreuves d'audiométrie vocale dans le calme et dans le bruit, les groupes BTE et ITE obtiennent des scores similaires. Nous n'observons aucune différence significative pour ces deux groupes. Ces résultats corroborent donc ceux obtenus par l'étude de Parving en 1991.

Aucun groupe ne se détache de l'analyse statistique, cependant on observe que le groupe Open-Rite obtient de bons scores pour quatre des cinq items mesurés : "bénéfice", "perception naturelle de sa propre voix", "qualité sonore des voix" et "absence d'occlusion". Ceci rejoint donc les résultats de l'étude de Gnewikow de 2006, qui démontrait que ce type d'appareillage auditif était apprécié des malentendants pour l'écoute de leur propre voix, l'absence d'occlusion et la qualité sonore.

Le groupe de patients portant des BTE est celui qui est significativement le moins satisfait de la qualité des voix amplifiées (BTE-Open-RITE $p=0.002$ et BTE-ITE $p=0.04$).

Conclusion

Lors de son bilan d'orientation prothétique, l'audioprothésiste doit choisir le type de l'appareillage auditif en fonction de nombreux critères. Avec les nouvelles configurations d'appareillages auditifs dits "ouverts", il dispose désormais d'une gamme supplémentaire de solutions auditives à proposer à son patient.

Si les résultats de cette étude tendent à montrer que les trois types d'appareillage étudiés conviennent aux déficiences auditives moyennes, il est intéressant de noter que la perte de pression acoustique des basses fréquences n'altère pas le résultat d'un appareillage plus ouvert. Bien que l'exploitation statistique n'ait pas mis en évidence une supériorité systématique du groupe Open-RITE, il s'est avéré plus performant dans les situations bruyantes les plus difficiles.

L'étude ayant été réalisée avec des technologies équivalentes dans les trois groupes, la différence d'ouverture du conduit auditif externe pourrait être à l'origine de ce bénéfice. Toutefois un travail sur une plus grande cohorte de patients serait nécessaire pour confirmer cette hypothèse.

Morgan Potier, François Dejean, Cathy-Anne Guyon, audioprothésistes D.E. - Amplifon



Morgan Potier.



François Dejean.



Cathy-Anne Guyon.

[Bibliographie]

- Cooper W.A., Frank J.R., McFall R.N., Goldstein D.P., Variable Venting Valve for Earmolds., *International Journal of Audiology*, 1975; Vol. 14, n°3, Pages 259-267.
- Dempsey J.J., The occlusion effect created by custom canal hearing aids., *Am J Otol. Jan.*, 1990; 11(1):44-6.
- Dodds E, Harford E., Modified earpieces and cros for high frequency hearing losses. *Speech HearRes.*, 1968; 11(1):204-18.
- Dodelé L., Dodelé D, Polet M.A., L'audiométrie vocale dans le bruit (avb); utilité et standardisation pour le clinicien ORL. *Revue officielle de la Société Française d'ORL*, 2001, vol 70-n°6.
- Dillon H., Baumfield A., Factors affecting the use and perceived benefit of ITE and BTE hearing aids. *Br J Audiol.*, 2001; 35(4):247-58.
- Garin P., Galle C., Speech intelligibility in background noise: a simple audiometric test. *Rev LaryngolOtolRhinol*, 2002, 123,4, p. 219-224.
- Gnewikow D., Moss M., Hearing aid outcomes with Open and closed-canal fittings., *Hearing Journal*, 2006, volume 59, n° 11.
- Grover B.C., Martin M.C., Physical and subjective correlates of earmold occlusion. *Audiology*, 1979; 18(4):335-50
- Hennebert P.E., Audition binaurale, perspective spatiale auditive stéréophonie. *Acta ORL Belgica*, 1968, 22, p. 245-378.
- Kiessling J., Margolf-Hackl S., Geller S., Olsen, Steen., Researchers report on a field test of a non-occluding hearing instrument. *The Hearing Journal*, 2003, Volume 56, Issue 9.
- Kiessling J., Brenner B., Jespersen C.T., Groth J., Jensen O.D., Occlusion effect of earmolds with different venting systems. *J Am Acad Audiol*, 2005, 16(4):237-49.
- Kuk F, Keenan D., Fitting Tips: How do vents affect hearing aid performance ? *Hearing Review*, 2006 13(2): 34-42.
- Kuk F., Baekgaard L., Hearing aid selection and BTEs: Choosing Among «Open-ear» and "Receiver-in-canal", *Hearing Review*, 2008.
- Lafon J.C., The measurement of the capacity of auditory integration by the phonetic test., *CR HebdSeances Acad. Sci.*, 1959, 30.249:2405-7.
- MacKenzie K, Borwning G.G., The real ear effect of adjusting the tone control and venting a hearing aid system. *Br J Audiologie*, 1989; 23(2):93-8.
- MacKenzie, Douglas, Mueller, Gustav, Ricketts, Todd, Konkle, Dan, The hearing aid occlusion effect: Measurement devices compared. *The Hearing Journal*, 2004, Volume 57, Issue 9, pp 30, 34-36,38-39.
- Mueller H.G., Bright K.E., Northern J.L., Studies of the Hearing Aid Occlusion Effect. *Semin Hear*, 1996; 17: 21-31 DOI: 10.1055/s-0028-1089925
- Mueller, Gustav; Ricketts, Todd., Open-canal fittings: Ten take-home tips. *The Hearing Journal*, 2006; Volume 59, Issue 11.
- Parving A., Von Buchwald C., Pedersen F., High-frequency amplification with ITC-HA and BTE-HA. A comparative investigation. *Scan Audiol*, 1991; 20(2):117-20.
- Plomp R., Mimpén A.M., Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences. *Audiology*, 1979, 18, p. 43-52.
- Santon F., Intelligibilité de la parole masquée et rôle de la direction de la source masquante. *Acoustica.*, 1986, 61, p. 67-74.
- Shaw E.A., Transformation of sound pressure level from the free field to the eardrum in the horizontal plane. *J AcoustSoc Am.*, 1974; 56(6):1848-61.
- Smith P., A Multicenter Trial of an Assess-and-Fit Hearing Aid Service Using Open Canal Fittings and Comply Ear Tips. *Trends in Amplification*, 2008; Vol. 12, No. 2, 121-136.
- Taylor B., Real-world satisfaction and benefit with open canal fittings. *Hearing Journal*, 2006; 59(11):74-82.