

Amélioration spatiale du signal vocal : Thrive et les environnements complexes



Jumana Harianawala, Au.D. et Ben Waite, MS

Les environnements bruyants posent de nombreux défis aux utilisateurs d'aides auditives. Le bruit de fond amplifié par une aide auditive peut être perçu comme excessivement fort, voire inconfortable.

Écouter un interlocuteur donné en présence d'autres interlocuteurs et conversations diffuses peut être difficile et entraîner une fatigue cognitive. Il n'est donc pas étonnant que la performance des aides auditives dans le bruit, jugée insatisfaisante, fasse l'objet de critiques de la part des utilisateurs (Kochkin, 2000 ; Hickson, Clutterbuck & Khan, 2010 ; Hong, Oh, Jung, Kim, Kang & Yeo, 2014 ; Johnson, Xu & Cox, 2016) et les incite à moins les porter voire à ne plus les utiliser du tout (McCormack & Fortnum, 2013 ; Hickson, Meyer, Lovelock, Lampert & Khan, 2014 ; Aazh, Prasher, Nanchahal & Moore, 2015 ; Bennett, Laplante-Lévesque, Meyer & Eikelboom, 2017).

Pour résoudre ces problèmes, les aides auditives modernes ont donc recours au traitement directionnel et à la réduction numérique du bruit (RNB). Ces deux traitements réduisent le niveau de bruit présenté à l'utilisateur d'aides auditives, mais de manières très différentes. Tandis que le traitement directionnel atténue les sons provenant de derrière l'utilisateur (y compris les signaux vocaux) dans l'optique d'accentuer les signaux vocaux provenant de face, un système RNB atténue les sons qui présentent les caractéristiques typiques du bruit, sans tenir compte de leur provenance. En conséquence, le traitement directionnel améliore l'intelligibilité vocale pour les signaux vocaux frontaux tandis qu'un système RNB améliore le confort (Mueller, Weber & Hornsby, 2006 ; Palmer, Bentler & Mueller, 2006) et réduit l'effort d'écoute (Bentler, Wu, Kettle & Hurtig, 2008 ; Sarampalis, Kalluri, Edwards & Hafter, 2009) tout en préservant, sans l'améliorer, l'intelligibilité vocale.

Pour résoudre ces problèmes, les aides auditives modernes ont donc recours au traitement directionnel et à la réduction numérique du

bruit (RNB). Ces deux traitements réduisent le niveau de bruit présenté à l'utilisateur d'aides auditives, mais de manières très différentes. Tandis que le traitement directionnel atténue les sons provenant de derrière l'utilisateur (y compris les signaux vocaux) dans l'optique d'accentuer les signaux vocaux provenant de face, un système RNB atténue les sons qui présentent les caractéristiques typiques du bruit, sans tenir compte de leur provenance. En conséquence, le traitement directionnel améliore l'intelligibilité vocale pour les signaux vocaux frontaux tandis qu'un système RNB améliore le confort (Mueller, Weber & Hornsby, 2006 ; Palmer, Bentler & Mueller, 2006) et réduit l'effort d'écoute (Bentler, Wu, Kettle & Hurtig, 2008 ; Sarampalis, Kalluri, Edwards & Hafter, 2009) tout en préservant, sans l'améliorer, l'intelligibilité vocale.

Supprimer le bruit tout en préservant les signaux vocaux souhaités est donc tout l'enjeu de la RNB, l'efficacité d'un tel système dépendant en grande partie de la manière dont il distingue, dans un milieu acoustique, le bruit du signal vocal souhaité. Si le système ne parvient pas à identifier le bruit comme tel, il n'atténue rien et n'offre par conséquent aucun soulagement à l'utilisateur ; si le système identifie à tort un signal vocal cible comme du bruit, il l'atténue et, à terme, l'intelligibilité en souffre. Les systèmes SMNR (de l'anglais Single Microphone Noise Reduction) ne récupèrent le signal en entrée qu'à partir d'un microphone unique. Voice IQ2, notre système SMNR à action rapide exclusif, tient compte des différences connues dans les caractéristiques temporelles de la parole et du bruit pour les distinguer. En d'autres termes, le niveau d'un signal vocal change sur de très courtes durées (syllabiques) tandis que le niveau d'un signal de bruit tend à demeurer constant sur le court terme (le bruit tend à être « stationnaire »). Par conséquent, les plages tempsfréquence où le signal est relativement stationnaire sont atténuées, tandis que les signaux dynamiques assimilables à la parole

sont présentés à l'utilisateur de l'aide auditive selon le gain prescrit. Une recherche clinique sur Voice iQ2 a apporté la preuve d'améliorations en termes de confort, de qualité de son et de disposition à accepter le bruit de fond (Pisa, Burk & Galster, 2010). Des études indépendantes ont également montré que les utilisateurs ressentaient un effort d'écoute moindre avec Voice iQ2 en situation d'écoute dans le bruit (Desjardin & Doherty, 2014).

Si Voice iQ2 a incontestablement amélioré l'expérience de l'utilisateur dans le bruit de fond stationnaire, les environnements où le bruit est plus assimilable à des signaux vocaux, et est donc moins stationnaire, continuent de poser problème. Prenons l'exemple du bruit de fond rencontré dans un restaurant ou un bar animé. Les signaux vocaux interférents venant de droite et de gauche se situent au-dessus d'un niveau de bruit fluctuant composé de dizaines d'interlocuteurs dans un espace réverbérant. Le restaurant, à l'instar de nombreux environnements du quotidien, est rempli de bruits assimilables à des signaux vocaux, et les systèmes SMNR qui dépendent des différences entre signaux vocaux et bruits qui composent l'environnement acoustique peinent à s'en sortir. Pour que la réduction du bruit soit plus efficace dans ces environnements, nous devons améliorer l'entrée présentée au système de réduction du bruit.

AMÉLIORATION SPATIALE DU SIGNAL VOCAL

La nouvelle fonction **Amélioration spatiale du signal vocal (SSE)** de Starkey utilise les entrées acoustiques des deux aides auditives pour mieux distinguer la parole du bruit et améliorer ainsi l'atténuation du bruit sans porter atteinte à l'entrée vocale souhaitée. Cela est facilité par le

streaming audio interaural haute-fidélité assuré par la technologie NFMI (induction magnétique en champ proche) embarquée dans la **plateforme Thrive™ présente dans les aides auditives Livio™ AI et Livio**. L'Amélioration spatiale du signal vocal compare l'entrée audio ipsilatérale à l'entrée audio controlatérale transmise. Lorsque ces entrées sont similaires, elles sont considérées comme souhaitées et, lorsqu'elles diffèrent, elles sont traitées comme bruit indésirable. L'effet de ce traitement est double. Tout d'abord, le bruit stationnaire aléatoire est traité comme du bruit, à l'instar d'un système SMNR. Ensuite, et contrairement à la technologie SMNR, les entrées cohérentes (à savoir la parole) parvenant latéralement, sans corrélation entre le côté droit et le côté gauche, sont également traitées comme du bruit.

Prenons à nouveau l'exemple du restaurant ; vous écoutez un interlocuteur directement situé devant vous tandis que d'autres personnes parlent à une table sur votre droite. Pour un système SMNR, les signaux vocaux interférents venant de droite sont identiques à l'oreille droite et à l'oreille gauche. Avec la fonction d'Amélioration spatiale du signal vocal, les signaux vocaux interférents venant de droite sont différents côté droit et côté gauche. Ils sont en effet modifiés tandis qu'ils se propagent de l'oreille droite à l'oreille gauche (autour de la tête de l'utilisateur), ce qui donne lieu à des différences de phase et de niveau. L'Amélioration spatiale du signal vocal utilise ces différences pour distinguer le bruit indésirable du signal souhaité et épargne ainsi l'utilisateur des aides auditives des signaux vocaux interférents.

Résultat, la technologie d'Amélioration spatiale du

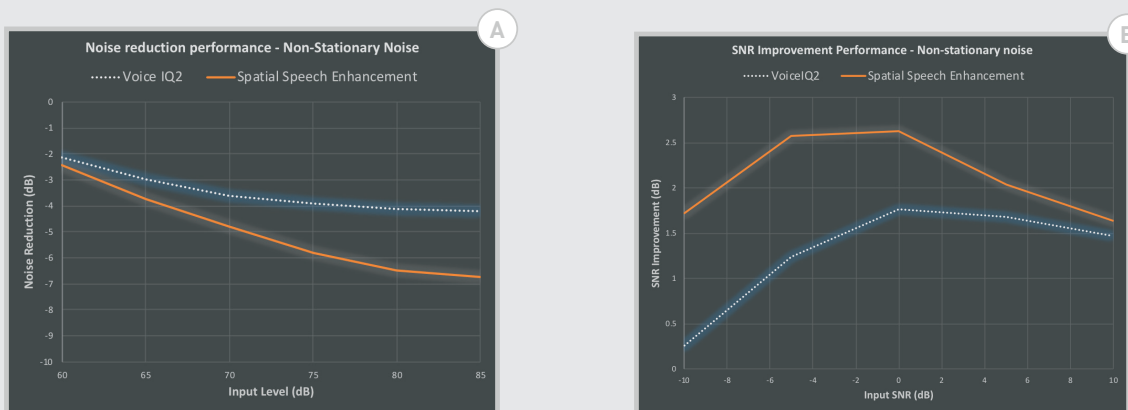


Figure 1 : Comparaison des résultats électroacoustiques obtenus par la technologie SMNR (Voice iQ2) et la technologie de réduction binaurale du bruit (Amélioration spatiale du signal vocal). Le graphique A montre la réduction pour le bruit assimilable à la parole seul et le graphique B montre l'amélioration du rapport signal/ bruit (RSB) pour un mélange parole dans le bruit assimilable à la parole.

signal vocal est plus efficace que le système SMNR pour atténuer le bruit assimilable à la parole et pour améliorer le rapport signal/bruit (RSB) pour la parole dans le bruit assimilable à la parole (y compris signaux vocaux interférents). L'effet de l'Amélioration spatiale du signal vocal sur le bruit assimilable à la parole est illustré figure 1. Le graphique A montre que, alors que l'entrée de bruit assimilable à la parole devient plus forte, l'efficacité relative de la fonction d'Amélioration spatiale du signal vocal par rapport à la technologie SMNR augmente. Le graphique B illustre un effet similaire mais, cette fois, avec un contexte parole dans le bruit assimilable à la parole. Lorsque le rapport signal/bruit de ce contexte sonore se dégrade (c.-à-d., lorsque le niveau de bruit progresse par rapport au niveau des signaux vocaux cibles), la capacité de la technologie d'Amélioration spatiale du signal vocal à améliorer le RSB à la sortie de l'aide auditive (c.-à-d., sa capacité à atténuer le bruit tout en préservant les signaux vocaux cibles) progresse par rapport à celle de la technologie SMNR.

RÉDUCTION DU BRUIT ET TRAITEMENT DIRECTIONNEL REVISITÉS

Comme nous l'avons déjà souligné, les aides auditives modernes emploient des systèmes RNB en même temps qu'un traitement directionnel pour améliorer l'expérience du patient dans les environnements bruyants, chaque approche ayant des objectifs uniques et offrant des avantages uniques. S'affranchissant de ce modèle, la fonction Amélioration spatiale du signal vocal agit comme une technologie RNB classique qui atténue les bruits

stationnaires tout en proposant les avantages d'un traitement directionnel et supprimant les signaux cohérents provenant de côté. Cette association favorise une approche intégrée de la réduction du bruit et du traitement directionnel.

L'activation/désactivation automatique du traitement directionnel dans les aides auditives est, tout comme la technologie SMNR, généralisée. À des niveaux d'entrée faibles, le traitement directionnel est désactivé (omnidirectionnel) ou modéré (directionnel uniquement dans les fréquences aiguës), tandis qu'à des niveaux d'entrée élevés, le traitement directionnel à large bande est activé. Cela garantit une clarté et un accès aux sons optimaux à des niveaux d'entrée faibles et permet de se concentrer en direction du signal vocal à des niveaux d'entrée élevés.

Avec l'introduction de la fonction Amélioration spatiale du signal vocal SSE, une approche similaire est appliquée à la réduction du bruit. Aux niveaux d'entrée élevés, la fonction est activée, et aux niveaux d'entrée faibles, le système SMNR est activé. Avec la plateforme Thrive, la fonction SMNR a été spécifiquement reformulée pour s'associer à la fonction Amélioration spatiale du signal vocal.

Si elle emploie les bases théoriques de cette dernière, elle n'a pas besoin de sons controlatéraux transmis pour fonctionner. En conséquence, elle n'offre pas les mêmes avantages vis-à-vis du bruit assimilable à la parole mais garantit une performance identique vis-à-vis du bruit stationnaire. Cela favorise la fluidité des transitions entre SSE à des niveaux d'entrée élevés (identifiés

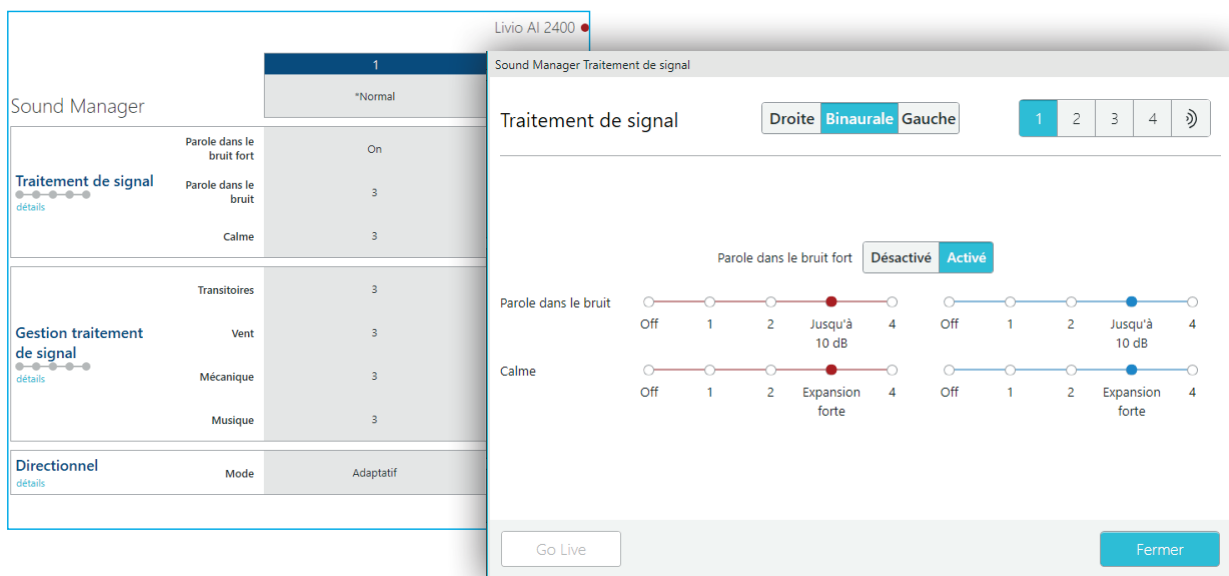


Figure 2 : Écrans Sound Manager et Améliorations sonores d'Inspire X montrant les réglages pour les fonctions Parole dans le bruit (SIN) et Amélioration spatiale du signal vocal (SSE).

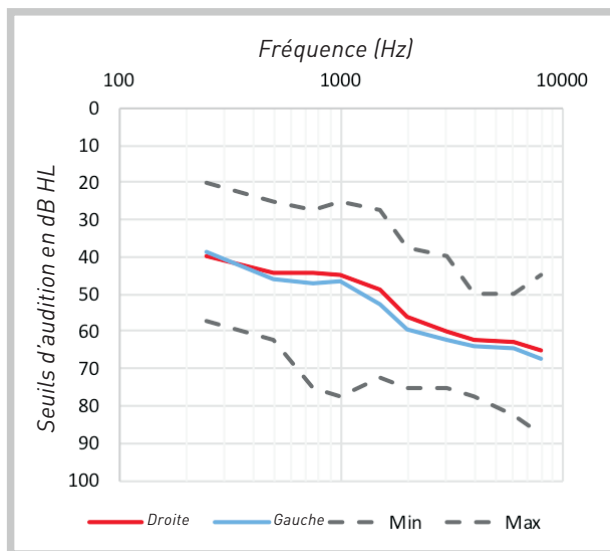


Figure 3 : Données audiométriques moyennes ainsi que seuils minimum et maximum du groupe de 15 participants.

de fait dans Inspire comme « Parole dans le bruit fort ») où elle est le plus bénéfique, et SMNR (ou « Parole dans le bruit ») aux niveaux d'entrée faibles où la clarté du son et la perception situationnelle sont les plus importantes.

AMÉLIORATIONS SONORES DE HEARING REALITY

Réduction du bruit et traitement directionnel sont gérés par le logiciel d'adaptation Inspire® X 2019 de Starkey. L'écran Sound Manager reproduit à la figure 2 montre les réglages pour Parole dans le bruit fort et Parole dans le bruit. L'intensité de Parole dans le bruit et Parole dans le bruit fort peut être ajustée via Parole dans le bruit à partir de l'écran Gestion traitement de signal. Le fait que l'intensité de la réduction du bruit se règle via Parole dans le bruit s'inscrit dans la logique des précédentes versions des fonctions de réduction du bruit ; certains utilisateurs apprécient une réelle réduction du bruit tandis que d'autres préfèrent un son plus naturel. Le réglage Parole dans le bruit fort active et désactive SSE. Les paramètres par défaut sont conçus pour garantir un équilibre optimal entre réduction du bruit et qualité sonore mais l'intervention d'un professionnel de l'audition est essentielle pour ajuster cet équilibre à la préférence de chaque patient.

ÉTUDE DE VALIDATION

Participants et adaptations

La préférence entre les fonctions SSE et Voice iQ2 a été comparée lors d'une étude plaçant des utilisateurs d'aides auditives en situation d'écoute dans des environnements bruyants complexes.

Quinze personnes (sept hommes et huit femmes) âgées de 54 à 87 ans (moyenne d'âge 72 ans) ont pris part à l'étude. En moyenne, tous les participants présentaient une perte auditive neurosensorielle bilatérale symétrique légère à sévère (figure 3). Tous les participants étaient des utilisateurs expérimentés et à temps plein d'aides auditives bilatérales.

Toutes les aides auditives ont été paramétrées selon la règle d'adaptation exclusive de Starkey, e-STAT (Scheller & Rosenthal, 2012). Les fonctions SSE et Voice iQ2 ont été comparées à leurs réglages par défaut (jusqu'à 10 dB de réduction de bruit). Le mode microphone a été réglé sur omnidirectionnel pour autoriser l'étude de SSE isolément du traitement directionnel. Tous les participants ont été appareillés de façon bilatérale avec des dômes Power de dimensions appropriées. Une mesure oreille réelle a été réalisée, de même que des réglages avancés pour garantir l'audibilité. Les deux programmes ont été coordonnés à tous points de vue excepté les algorithmes de réduction du bruit différents, SSE et Voice iQ2.

Évaluation des préférences

Les préférences des participants entre les fonctions SSE et Voice iQ2 ont été évaluées selon un scénario de comparaison par paires. Les participants étaient assis dans une cabine insonorisée au centre de huit haut-parleurs. Les signaux vocaux cibles ont été présentés via un haut-parleur directement dans l'axe du participant (0° d'azimut) à 73 dB SPL et un bruit de Cocktail Party diffus à 70 dB SPL a été présenté via les sept autres haut-parleurs entourant le participant (± 45 , ± 90 , ± 135 , 180). En outre, des signaux vocaux interférents à 70 dB SPL ont également été présentés dans les haut-parleurs de part et d'autre ($\pm 90^\circ$) du participant. Quatre configurations de parole dans le bruit différentes ont été testées :

Conversations diffuses uniquement (pas de signaux de parole cibles)

Signaux de parole cibles dans conversations diffuses

Signaux de parole cibles dans conversations diffuses + 1 interlocuteur interférent

Signaux de parole cibles dans conversations diffuses + 2 interlocuteurs interférents

Les participants, ne connaissant pas le réglage choisi, sont passés de la fonction SSE à Voice iQ2, pour chaque configuration parole et bruit et ont indiqué leur préférence. Chaque comparaison a été faite deux fois par chaque participant.

Résultats

La figure 4 affiche la préférence (en pourcentages) pour les fonctions SSE et Voice iQ2. Selon le test des rangs signés de Wilcoxon, la préférence pour la fonction SSE a été sensiblement supérieure à la préférence pour la fonction Voice iQ2, $Z = 3.327$, $p < 0.001$. La préférence pour la fonction SSE a été supérieure à ce que l'on obtiendrait par pur hasard ($p < 0.5$) pour l'ensemble des configurations à l'exception de Signaux de parole cibles dans conversations diffuses. Pour le cas de figure Signaux de parole cibles dans conversations diffuses avec une seule source de sons assimilables à la parole, comme évoqué précédemment, les fonctions SSE et Voice iQ2 distinguent de la même manière les signaux de parole cibles du bruit diffus, donnant lieu à une amélioration similaire du RSB. Pour les environnements bruyants plus complexes avec plusieurs interlocuteurs interférents, comme démontré par ces résultats, la fonction SSE est largement préférée à Voice iQ2.

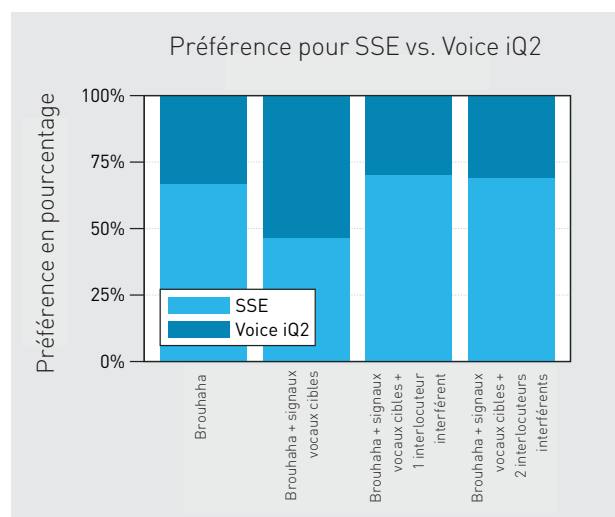


Figure 4 : Préférences des participants (en pourcentages) pour les fonctions SSE & Voice iQ2 par configuration de bruit pour l'ensemble des 15 participants. Le graphique montre les préférences pour la fonction SSE par rapport à Voice iQ2 sous forme de colonnes empilées.

CONCLUSION

Les algorithmes de RNB sont connus pour améliorer le confort dans les environnements bruyants. Dans les environnements moins complexes avec interlocuteur unique dans un bruit de Cocktail

Party diffus, les systèmes SMNR comme Voice iQ2 assurent une réduction du bruit suffisante. Toutefois, pour des environnements plus complexes avec plusieurs interlocuteurs, les systèmes SMNR ne suffisent pas. Pour ces environnements, la fonction SSE est préférée à Voice iQ2. L'étude présentée dans cet article illustre clairement la préférence des utilisateurs d'aides auditives pour la fonction SSE, telle que proposée dans les aides auditives Livio et Livio AI, par rapport à Voice iQ2. Cette technologie offre à l'utilisateur l'avantage de minimiser les effets négatifs de la distraction que peuvent provoquer des interlocuteurs et un bruit de fond gênant même dans les environnements les plus difficiles.

RÉFÉRENCES

- Aazh, H., Prasher, D., Nanchahal, K., & Moore, B. C. (2015). Hearing-aid use and its determinants in the UK national health service: a cross-sectional study at the royal Surrey county hospital. *International Journal of Audiology*, 54(3), 152-161.
- Bennett, R. J., Laplante-Lévesque, A., Meyer, C. J., & Eikelboom, R. H. (2017). Exploring hearing aid problems: Perspectives of hearing aid owners and clinicians. *Ear and Hearing*, 39(1), 172-187.
- Bentler, R., Wu, Y., Kettle, J., & Hurtig, R. (2008). Digital Noise Reduction: Outcomes from laboratory and field studies. *International Journal of Audiology*, 47(8), 447-460.
- Desjardin, J.L., & Doherty, A.K. (2014). The effect of hearing aid noise reduction on listening effort in hearing-impaired adults. *Ear and Hearing*, 35(6), 600-610.
- Hickson, L., Clutterbuck, S., Khan, A. (2010). Factors associated with hearing aid fitting outcomes on the IOI-HA. *International Journal of Audiology*, 49, 586-595.
- Hickson, L., Meyer, C., Lovelock, K., Lampert, M., & Khan, A. (2014). Factors associated with success with hearing aids in older adults. *International Journal of Audiology*, 53(S1), S18--S27.
- Hong, J. Y., Oh, I. H., Jung, T. S., Kim, T. H., Kang, H. M., & Yeo, S. G. (2014). Clinical reasons for returning hearing aids. *Korean Journal of Audiology*, 18(1), 8-12.
- Johnson, J. A., Xu, J., & Cox, R. M. (2016). Impact of hearing aid technology on outcomes in daily life II: Speech understanding and listening effort. *Ear and hearing*, 37(5), 529.
- Kochkin, S. (2000). MarkeTrak V: "Why my hearing aids are in the drawer": The consumers' perspective. *The Hearing Journal*, 53(2), 34-41.
- McCormack, A., & Fortnum, H. (2013). Why do people fitted with hearing aids not wear them? *International Journal of Audiology*, 52(5), 360-368.
- Mueller, H.G., Weber, J., & Hornsby, B. (2006). The effects of digital noise reduction on acceptance of background noise. *Trends in Amplification*, 10(2), 83-93.
- Palmer, C. V., Bentler, R., & Mueller, H. G. (2006). Amplification with digital noise reduction and the perception of annoying and aversive sounds. *Trends in Amplification*, 10(2), 95-104. <http://doi.org/10.1177/1084713806289554>
- Pisa, J., Burk, M., & Galster, E. (2010). Evidence based design of a noise management algorithm. *The Hearing Journal*, 63(4), 42-48.
- Sarampalis, A., Kalluri, S., Edwards, B., & Hafter, E. (2009). Objective measures of listening effort: Effects of background noise and noise reduction. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 52, 1230-1240.
- Les auteurs souhaitent remercier Ivo Merks pour sa contribution à cet article.