

Phonak

Field Study News

Meilleure mémorisation et diminution de l'effort de mémoire dans le bruit avec StereoZoom dans Naída

Des électroencéphalographies (EEG) et des tests de mémorisation menés à Hörzentrum Oldenburg sur des sujets atteints de perte auditive sévère ont montré que la capacité de mémorisation était améliorée et que l'effort de mémoire était réduit grâce à l'utilisation d'un dispositif Phonak avec StereoZoom, par rapport à Real Ear Sound.

Axel Winneke, Michael Schulte, Matthias Latzel et Jennifer Appleton-Huber, février 2020

Introduction

La perception de la parole peut être difficile et éprouvante dans les environnements bruyants, en particulier pour les personnes présentant une perte auditive, même lorsqu'elles sont équipées d'aides auditives (CHABA - Committee on Hearing and Bioacoustics, 1988; McCoy et al., 2005; Klink et al., 2012). La diminution de l'intelligibilité vocale à cause du bruit ambiant ou d'une perte auditive nécessite de déployer un effort mental pour compenser la mauvaise qualité du signal sonore. Cet effort peut à son tour affecter les performances cognitives, c'est-à-dire diminuer la quantité de ressources cognitives disponibles pour exécuter d'autres tâches en même temps (Schneider et Pichora-Fuller, 2000).

StereoZoom, l'algorithme d'aide auditive mis au point par Phonak pour soutenir l'audition binaurale, utilise un microphone directionnel pour créer un faisceau étroit en

traitant les quatre signaux microphoniques pour les appareillages bilatéraux. Dans les conversations avec des niveaux de bruit ambiant élevés, StereoZoom améliore le rapport signal sur bruit (RS/B), ce qui améliore l'intelligibilité vocale, la qualité sonore et la suppression du bruit (Latzel et Appleton, 2015 ; Appleton-Huber et König, 2014 ; Latzel et Appleton-Huber, 2018).

Plusieurs études ont montré que l'électroencéphalographie (EEG) est une approche prometteuse pour mesurer l'effort d'écoute et de mémoire au niveau neural. L'hypothèse selon laquelle l'effort d'écoute et de mémoire peut être relié à l'activité EEG repose sur l'idée que le cerveau fait appel à un nombre limité de ressources (neuronales) partagées par des processus sensoriels, perceptifs et cognitifs. On parle plus communément de « Théorie des ressources limitées » (Kahneman, 1973). « L'hypothèse de l'effort » [Effortfulness hypothesis] (Rabbitt, 1968) est liée à ce phénomène, ce qui

signifie que si le traitement du signal est difficile (par ex. pour suivre une conversation dans un environnement bruyant ou à cause d'une perte auditive), il faudra consacrer plus de ressources de traitement à l'encodage sensoriel. Ce problème engendre une réduction de la disponibilité des ressources pour un traitement de haut niveau, et le rappel des informations nécessite plus d'effort (effort de mémoire).

Cette hypothèse a été confirmée par des études récentes, qui ont utilisé des mesures EEG pour étudier l'effort d'écoute en variant le traitement du signal des appareils auditifs et/ou le rapport signal sur bruit (RS/B). Un effort d'écoute plus faible s'est manifesté par une activité alpha plus faible sur l'enregistrement de l'EEG (Winneke et al., 2016 ; Winneke et al., 2018 a, b, c). Le Dr Winneke et al. (2018) a également démontré une diminution de l'effort de mémoire subjectif pendant l'utilisation de StereoZoom à la place de Real Ear Sound (RES). Ces données ont été obtenues en demandant aux participants d'évaluer l'effort nécessaire pour se rappeler de mots d'une phrase qu'ils venaient d'entendre.

Afin d'approfondir cette analyse, l'objectif de cette étude était d'établir si StereoZoom dans les aides auditives Naída était lié à une meilleure capacité de mémorisation de la parole dans le bruit, par rapport à la fonction Real Ear Sound des aides auditives. Une mesure subjective et la mesure objective d'un EEG physiologique ont été utilisées.

Méthodologie

Participants

20 utilisateurs d'aides auditives expérimentés au total ont participé à l'étude. L'âge moyen des sujets était de 65,75 ans (écart type [ET] = 14,07). 9 participants étaient des femmes et 11 étaient des hommes. Les sujets étaient atteints de perte auditive sévère (critère : moyenne minimale de 61 dB HL aux fréquences de 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz pour la meilleure oreille ; voir audiogramme de la figure 1).

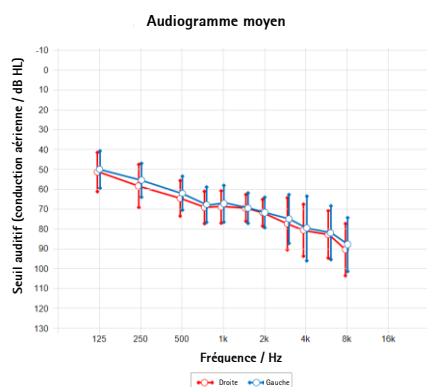


Figure 1. Audiogramme de conduction aérienne (CA) moyen des 20 sujets de l'étude. Conduction aérienne moyenne du son pur (CA-PTM) : droite : moyenne = 71 ; ET = 5,3 ; gauche : moy = 70 ; ET = 6,6).

Matériel

Chaque sujet a été appareillé avec les aides auditives Naída B90-SP (équivalent en termes de performances au dispositif Naída M90-SP pour les aspects spécifiques évalués lors de l'étude) de Phonak. Les embouts personnels des participants ont été utilisés. Si l'embout semblait usé et mal adapté, de nouveaux étaient produits avec le même événement que les embouts personnels des participants.

Configuration du test

Le signal sonore était un bruit diffus de cafétéria, diffusé à une intensité fixe de 67 dB SPL via des haut-parleurs placés de manière circulaire autour des participants à 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300° et 330°.

Conditions RS/B

Le RS/B a été modifié en ajustant le niveau du signal vocal diffusé via un haut-parleur placé à 0° en face du participant, jusqu'à déterminer le SRV 50 individuellement pour chaque participant avec des aides Naída B90-SP en mode RES. À partir de ce SRV 50 individuel (SRV 50ind), des phrases ont été diffusées au niveau individuel de SRV 50ind + 10 dB (pour plus d'information, voir Winneke et al. [2019]).

Conditions de test

Le test comprenait 4 conditions selon une conception 2 x 2 avec les facteurs suivants :

Prévisibilité des phrases : faible contre élevée

Programme : StereoZoom contre RES

Paradigme de test

Le matériel vocal utilisé dans cette étude se composait de phrases tirées du test de phrases de Basler (Tschopp et al., 2001). Les participants avaient pour objectif de répéter la phrase qu'ils avaient entendue et de mémoriser le dernier mot de chaque phrase. Après quatre phrases, les participants ont dû se rappeler du dernier mot des quatre dernières phrases. La moitié des phrases se terminaient sur des mots facilement prévisibles dans le contexte du reste de la phrase, tandis que l'autre moitié des phrases se terminaient sur des mots difficiles à deviner. Les phrases duraient en moyenne 2,4 secondes. L'intervalle interstimulus entre chaque phrase variait selon le temps nécessaire aux participants pour répéter la phrase. L'invitation à répéter les derniers mots apparaissait 2 secondes après la répétition de la dernière phrase. L'investigateur comptabilisait le nombre de mots correctement répétés pour chaque phrase, ainsi que le nombre de mots finaux correctement mémorisés. Il était indispensable que les participants comprennent presque chaque mot, car dans le cas contraire, il serait impossible d'établir si les performances pendant l'exercice de mémorisation étaient liées à la capacité de mémorisation ou à l'intelligibilité vocale. C'est pourquoi une procédure de

recrutement a été mise en place : seuls les participants ayant reconnu 55 mots ou plus sur un total de 60 ont été inclus dans l'étude. Ce seuil correspond à une intelligibilité vocale de l'ordre de 92 %. Les 20 participants ont tous satisfait ce critère.

L'expérience a été divisée en deux blocs, un pour chaque programme d'aide auditive. L'ordre des blocs a été mélangé équitablement parmi les participants pour contrôler tout effet de séquence. Chaque bloc contenait 24 phrases hautement prévisibles (HP) et 24 phrases peu prévisibles (PP), divisées en 6 séries de 4 phrases. L'ordre de la série a été établi aléatoirement, et chaque série contenait des phrases à prévisibilité faible ou élevée. Après chaque bloc, les participants ont été invités à évaluer leur effort de mémoire subjectif ressenti (c'est-à-dire l'effort requis pour se rappeler des mots) sur une échelle de 1 (sans effort) à 13 (extrêmement difficile).

L'activité cérébrale a été enregistrée à l'aide d'un système EEG Smarting sans fil à 24 canaux (mBrainTrain, Belgrade, Serbie) avec 24 électrodes posées sur un casque EEG élastique fait sur mesure (EasyCap, Herrsching, Allemagne) et disposées selon le système international 10-20 (Jasper, 1958). Alors que les participants écoutaient les phrases Basler, l'EEG était enregistré à une fréquence d'échantillonnage de 500 Hz, avec un filtre passe-bas de 250 Hz.

Le signal EEG a également été analysé hors ligne. Les enregistrements ont été divisés dans des fenêtres de temps de 2 500 ms aux alentours du début de chaque phrase Basler. Une analyse de la densité spectrale entre 3 et 25 Hz a été menée dans ces fenêtres de temps. L'étude s'est focalisée sur la bande de fréquences alpha EEG (9 à 12 Hz).

Résultats

Des comparaisons simples (tests t jumelés) concernant l'effort de mémoire subjectif (c'est-à-dire « À quel point était-ce éprouvant de se rappeler des mots ? ») sur une échelle de 1 à 13 ont indiqué des scores beaucoup plus faibles pour StereoZoom par rapport à RES ($p < 0,01$; voir figure 2).

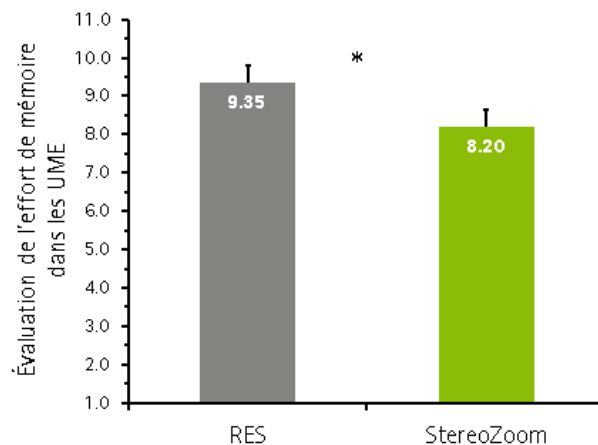


Figure 2. Scores d'effort de mémoire subjectif moyens pour tous les participants et les degrés de prévisibilité (phrases hautement prévisibles et peu prévisibles) pour les programmes RES (gris) et SZ (vert). Les barres d'erreur représentent les erreurs standard. Évaluation de l'effort d'écoute dans l'UME = Unité mesure estimée. * = différence significative.

Des comparaisons simples (tests t jumelés) entre StereoZoom et RES ont été réalisés séparément pour les deux variables comportementales suivantes : 1) le pourcentage de mots correctement compris (l'intelligibilité vocale), et 2) le pourcentage de mots finaux correctement mémorisés. L'analyse a révélé des différences significatives entre StereoZoom et RES pour les deux mesures ($p < 0,01$; voir figure 3). Comme on peut le voir dans la figure 3, l'intelligibilité globale était très élevée, mais elle était plus élevée pour StereoZoom que pour RES. En outre, davantage de mots ont été mémorisés avec StereoZoom qu'avec le programme RES.

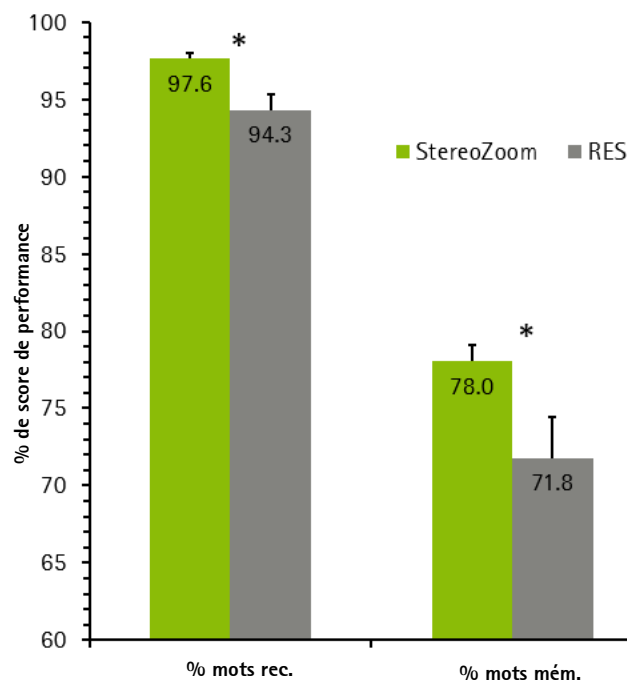


Figure 3. Scores de performance comportementale moyens (mots reconnus et mots mémorisés) pour tous les participants et les degrés de prévisibilité (phrases hautement prévisibles et peu prévisibles) pour les programmes RES (gris) et StereoZoom (vert). Les barres d'erreur représentent les erreurs standard. * = différence significative.

Afin de prendre également en compte la prévisibilité, une analyse de mesures répétées ANOVA (2 programmes [SZ contre RES] x 2 prévisibilités [prévisibilité élevée contre prévisibilité faible]) sur les deux mesures comportementales a été réalisée séparément. La prévisibilité faible représentait une condition de test plus difficile que la prévisibilité élevée. Pour chacune des trois mesures, un effet principal a été identifié au niveau du programme et de la prévisibilité, mais aucune interaction significative n'a été détectée. Les résultats indiquent une meilleure reconnaissance vocale et de meilleures capacités de mémorisation pour StereoZoom par rapport à RES, de même que pour la prévisibilité élevée par rapport à la prévisibilité faible (voir figure 4).

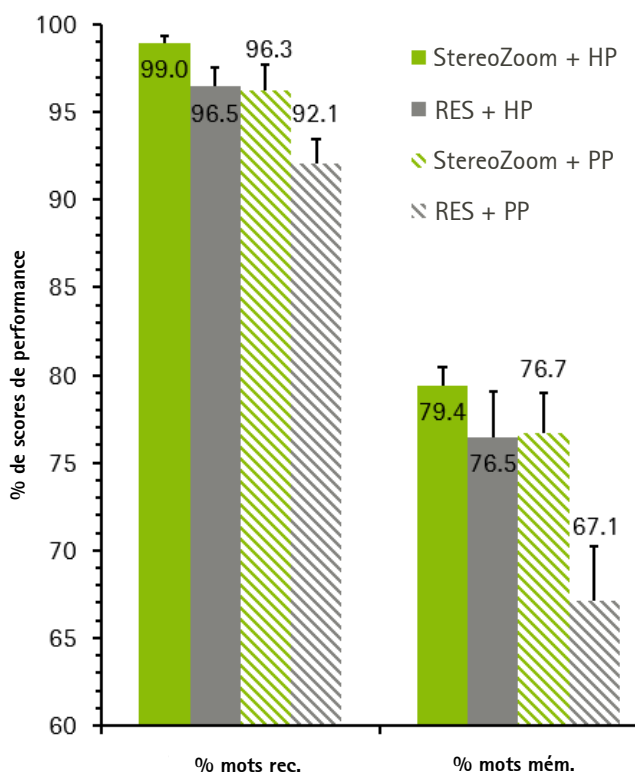


Figure 4. Scores de performance comportementale moyens (mots reconnus et mots mémorisés) pour tous les participants et séparés par prévisibilité (phrases hautement prévisibles [continu] et peu prévisibles [striées]) pour les programmes RES (gris) et StereoZoom (vert). Les barres d'erreur représentent les erreurs standard.

Pour les mots peu prévisibles, StereoZoom améliore le rappel dans le bruit de 10 % (statistiquement significatif) par rapport à RES.

La figure 5 présente les valeurs de densité spectrale alpha moyennes pour les deux programmes (RES et StereoZoom) et les deux niveaux de prévisibilité des phrases. La figure montre que la puissance de la réponse de l'EEG est plus faible pour StereoZoom que pour RES, et cet effet est plus prononcé pendant l'écoute de phrases plus difficiles (faible prévisibilité). Ces résultats indiquent un effort de mémoire réduit pendant l'utilisation de StereoZoom par rapport à

RES, en particulier pendant l'écoute de phrases moins prévisibles.

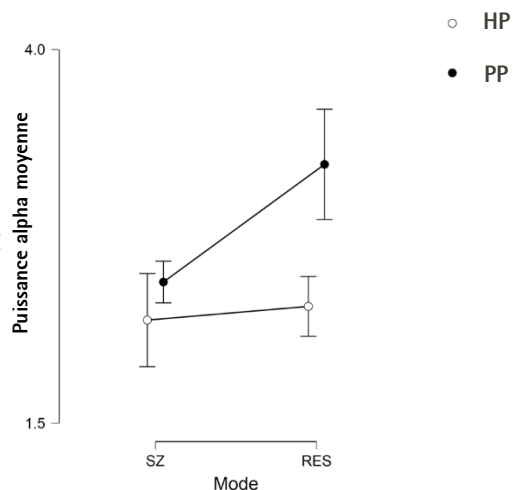


Figure 5. Valeurs de densité spectrale alpha moyennes pour StereoZoom et RES séparées pour les phrases hautement prévisibles (HP, cercles blancs) et peu prévisibles (PP, cercles noirs). Moyenne faite entre les participants et sur toute la bande passante de 9 à 12 Hz. Les barres d'erreur représentent les erreurs standard.

Conclusion

Cette dernière recherche menée sur des sujets atteints de perte auditive légère à moyenne a démontré une réduction de l'effort de mémoire dans le bruit avec l'utilisation de StereoZoom par rapport à RES. Ce cas a été prouvé de manière subjective, avec des auto-évaluations, mais également objective à l'aide d'analyses EEG.

Cette étude récente a trouvé des résultats similaires avec des sujets atteints de perte auditive sévère. Les résultats de cette étude démontrent que sur le plan subjectif, l'effort de mémoire ressenti est plus faible pendant l'utilisation de StereoZoom à la place de RES dans un environnement bruyant. Les mesures objectives ont également révélé que la mémorisation de mots dans le bruit est statistiquement meilleure en cas d'utilisation de StereoZoom à la place de RES. Cela se traduit aussi par une diminution de l'activité alpha sur l'EEG pour StereoZoom par rapport à RES, ce qui indique une réduction de l'effort de mémoire. Le test de mémorisation et l'analyse EEG ont révélé que cet effet était plus prononcé pendant l'écoute de phrases plus difficiles (prévisibilité faible).

Ces résultats peuvent s'expliquer par une meilleure suppression du bruit avec StereoZoom par rapport à RES. Le signal vocal est donc plus facile à comprendre, car StereoZoom réduit le bruit interférant qui doit être supprimé par le cerveau (théorie des ressources limitées). Ainsi,

davantage de ressources cognitives peuvent être sollicitées pendant la phase de mémorisation.

Cette étude avec Naída indique que les patients présentant une perte auditive légère à moyenne, mais aussi ceux ayant une perte auditive sévère peuvent bénéficier d'une meilleure capacité de mémorisation et d'un effort de mémoire réduit en utilisant StereoZoom par rapport à RES.

Références

Appleton-Huber, J. et König, G. (2014). Improvement in speech intelligibility and subjective benefit with binaural beamformer technology. *Hearing Review*, 21(11), 40-42.

Committee on Hearing and Bioacoustics. (1988). Speech understanding and aging. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 83(3), 859-895.

Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Klink, K. B., Schulte, M. et Meis, M. (2012). Measuring listening effort in the field of audiology—A literature review of methods (part 2). *Zeitschrift Für Audiologie*, 51(2), 60-67.

Latzel, M. et Appleton-Huber, J. (2015). StereoZoom – Le comportement adaptatif améliore l'intelligibilité de la parole, la qualité sonore et la suppression du bruit. *Phonak Field Study News*, disponible sur www.phonakpro.com/evidence-fr, consulté le 5 novembre 2019.

Latzel, M. et Appleton-Huber, J. (2018). StereoZoom profite aux personnes avec une perte auditive sévère. *Phonak Field Study News*, disponible sur www.phonakpro.com/evidence-fr, consulté le 5 novembre 2019.

McCoy, S. L., Tun, P. A., Cox, L. C., Colangelo, M., Stewart, R. A. et Wingfield, A. (2005). Hearing loss and perceptual effort: Downstream effects on older adults' memory for speech. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology.A, Human Experimental Psychology*, 58(1), 22-33. doi:10.1080/02724980443000151 [doi]

Rabbitt, P. (1968). Channel-capacity, intelligibility and immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 241-248.

Schneider, B. A. et Pichora-Fuller, M. K. (2000). Implications of perceptual deterioration for cognitive aging research. Dans F. A. M. Craik, & T. A. Salthouse (Éd.), *Handbook of*

aging and cognition (2e éd., p. 155-219). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Tschopp, K., Schillinger, C., Schmid, N. et Jordan, P. (2001). Quantification of hearing loss using the Basle Sentence Understanding Test. *Zeitschrift für Audiologie*, 40(2), 86.

Winneke, A., Meis, M., Wellmann, J., Bruns, T., Rahner, S., Rennies, J., Wallhoff, F. et Goetze, S. (2016). Neuroergonomic assessment of listening effort in older call center employees. *Compte-rendu du 9e AAL Kongress*, Francfort-sur-le-Main.

Winneke, A., Latzel, M. et Appleton-Huber, J. (2018a). Moins d'effort d'écoute et de mémorisation dans les situations bruyantes avec StereoZoom. *Phonak Field Study News*, disponible sur www.phonakpro.com/evidence-fr, consulté le 31 octobre 2019.

Winneke, A., Schulte, M., Vormann, M. et Latzel, M. (2018b). Spatial noise processing in hearing aids modulates neural markers linked to listening effort: an EEG study. *Audiology Online*, 1-27.

Winneke, A., Vos, M. D., Wagener, K. C., Derleth, P., Latzel, M., Appell, J. et Wallhoff, F. (2018c). Listening effort and EEG as measures of performance of modern hearing aid algorithms. *Audiology Online*, 1-13.

Winneke, A., Schulte, M. et Latzel, M. (2019). The effect of spatial noise processing in hearing aids on neural correlates of listening and memory effort: an EEG study. *Manuscript fourni*.

Chercheurs externes principaux



Axel Winneke a obtenu son diplôme en psychologie biologique à l'université de Maastricht en 2004 et a obtenu son doctorat en psychologie expérimentale de l'université Concordia, Montréal, en 2009. Ses recherches traitent de la

mesure neurophysiologique de la cognition et de la perception. Il est actuellement chercheur senior au Fraunhofer Institute for Digital Media Technology, division Audition, parole et technologie audio à Oldenbourg. Il se consacre à des projets de recherche appliquée dans le domaine de la neuroergonomie et s'intéresse particulièrement à l'effort d'écoute.



Depuis 2004, Michael Schulte travaille pour Hörzentrum Oldenburg GmbH en Allemagne, où il est responsable des études en audiologie pour des projets financés grâce à des fonds publics ainsi qu'en coopération avec le secteur. En 2002, il a

obtenu son doctorat au Centre de biomagnétisme de l'Institut d'audiologie expérimentale de l'Université de Münster, en Allemagne. De 2002 à 2003, il a travaillé comme étudiant postdoctoral au Centre de neuroimagerie cognitive F.C Donders de Nimègue aux Pays-Bas. Le domaine de recherche de Michael Schulte est l'évaluation des systèmes auditifs avec un intérêt particulier pour l'effort auditif.

Coordinateur de l'étude



Matthias Latzel a suivi une formation en génie électrique à Bochum et à Vienne en 1995. Après avoir terminé sa thèse en 2001, il a fait un PostDoc à l'université de Giessen, dans le département d'audiologie, de 2002 à 2004. En

2011, il a été responsable du département Audiologie de Phonak Allemagne. Depuis 2012, il travaille comme Directeur de la recherche clinique pour Sonova AG, en Suisse.



Jennifer Appleton-Huber a obtenu son Master de Sciences en audiologie à l'université de Manchester en 2004. Jusqu'en 2013, elle a occupé le poste de chercheuse en audiologie, principalement au Royaume-Uni et

en Suisse, où elle a travaillé avec des adultes et des enfants, dans le domaine des aides auditives et des implants cochléaires. Elle est actuellement responsable technique et éditoriale au siège de Phonak.