

Phonak

Field Study News

Moins d'effort d'écoute et de mémoire dans le bruit grâce à StereoZoom

Des électroencéphalographies (EEG) et des tests subjectifs menés à l'institut Hörzentrum à Oldenbourg ont fait état d'une diminution de l'effort d'écoute et de mémoire grâce à l'utilisation d'un appareil Phonak avec StereoZoom, comparé au dispositif du concurrent doté d'une autre approche de microphone pour réduire le bruit. Cette diminution était particulièrement visible dans les situations auditives difficiles : l'effort d'écoute a été réduit de 18 %.

Axel Winneke, Matthias Latzel et Jennifer Appleton-Huber / juillet 2018

Introduction

Les pertes auditives sont associées à un effort d'écoute. Les personnes souffrant de pertes auditives essayent en permanence de « remplir les blancs » lors des conversations. Cela leur demande des efforts et peut entraîner une certaine fatigue. Les aides auditives visent à améliorer l'intelligibilité vocale et devraient dès lors réduire l'effort nécessaire pour comprendre la parole. L'avantage est que l'utilisateur devrait alors apprécier davantage l'expérience auditive et être moins fatigué.

Mesurer l'effort d'écoute est un sujet extrêmement intéressant dans le cadre de l'appareillage d'une aide auditive (Pichora-Fuller et Singh, 2006). Cette approche intéressante évalue les aides auditives dans des situations auditives, dans lesquelles des stimuli sont (également) générés à des intensités supraliminales, l'intelligibilité vocale pouvant ne pas différencier les performances ou

l'acceptation des différentes aides auditives et des algorithmes et/ou de leurs fonctionnalités.

Réaliser des études concernant les aides auditives en mesurant l'effort d'écoute devient donc de plus en plus courant. Une manière de mesurer l'effort d'écoute consiste à demander à l'utilisateur d'aide auditive d'évaluer lui-même l'effort d'écoute perçu. D'autres méthodes objectives existent, comme la pupillométrie, différentes mesures électrophysiologiques, l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ou la conductance cutanée (voir présentation par McGarrigle et al., 2014).

Plusieurs études ont montré que l'EEG est une approche prometteuse pour mesurer l'effort d'écoute au niveau neural. L'hypothèse selon laquelle l'effort d'écoute peut être relié à l'activité EEG repose sur l'idée que le cerveau fait appel à un nombre limité de ressources (neurales) partagées par des processus sensoriels, perceptifs et cognitifs (« théorie des

ressources limitées ». « L'hypothèse de l'effort » est liée à ce phénomène (Rabitt, 1968). Cela est lié à l'hypothèse des ressources limitées : « S'il est difficile de traiter les signaux (par exemple lors de l'écoute de la parole dans un environnement bruyant), la personne doit consacrer davantage de ressources à l'encodage sensoriel, ce qui entraîne une diminution des ressources disponibles pour le traitement plus complexe, et l'écoute demande beaucoup d'efforts. »

Cette hypothèse a été confirmée par une étude plus récente, qui a utilisé des mesures d'EEG pour démontrer les conséquences sur l'effort d'écoute en variant le traitement du signal dans des appareils auditifs et/ou le rapport signal sur bruit (RS/B) (Winneke et al., 2016 a, b).

StereoZoom, l'algorithme d'aide auditive mis au point par Phonak, fait appel à la technologie binaurale de microphone directionnel pour créer un faisceau étroit dans les situations auditives particulièrement difficiles. Dans les conversations avec des niveaux de bruit ambiant élevés, StereoZoom perfectionne le RS/B, ce qui améliore l'intelligibilité vocale, la qualité sonore et la suppression du bruit (Latzel et Appleton, 2015 ; Phonak Field Study News, 2014). D'autres fabricants d'aides auditives utilisent des approches différentes, qui visent à améliorer la compréhension vocale dans les environnements bruyants.

Les effets de StereoZoom sur l'effort d'écoute ont jusqu'à présent été étudiés à l'aide de mesures comportementales (par exemple Picou et al., 2014). Le but de cette étude était d'utiliser une mesure objective (EEG) afin de montrer les différences d'effort d'écoute en utilisant différents algorithmes d'aides auditives dans les mêmes conditions environnementales. Cette étude avait deux objectifs.

- 1) Comparaison de l'effort d'écoute de deux programmes réalisés avec les appareils auditifs Phonak :
 - Parole dans le Bruit Intense (Phonak PdBI)* : utilisation de StereoZoom (technologie de microphone directionnel) et *Situation calme (Phonak calme)* : en utilisant le réglage du microphone Real Ear Sound (RES, un réglage de microphone omnidirectionnel qui reproduit la directionnalité du pavillon)
- 2) Comparaison de l'effort d'écoute du programme Phonak PdBI avec l'approche d'un concurrent.
 - Parole dans le Bruit Intense (Phonak PdBI)* : utilisation de la technologie de microphone directionnel, StereoZoom
 - Concurrent (Programme Bruit concurrent)* : utilisation d'une approche différente pour traiter la parole dans le bruit

Méthodologie

Participants

Au total, 20 utilisateurs expérimentés d'aides auditives souffrant d'une perte auditive légère à moyenne (figure 1) ont participé à cette étude. L'âge moyen des sujets était 70,90 ans (ET = 7,28). 12 participants étaient des femmes, pour 8 hommes. Chaque participant portait deux ensembles d'aides auditives : Audéo B90-312 de Phonak et une aide auditive du concurrent, possédant toutes deux un couplage fermé avec des moules d'oreilles à base de silicone (SlimTips).

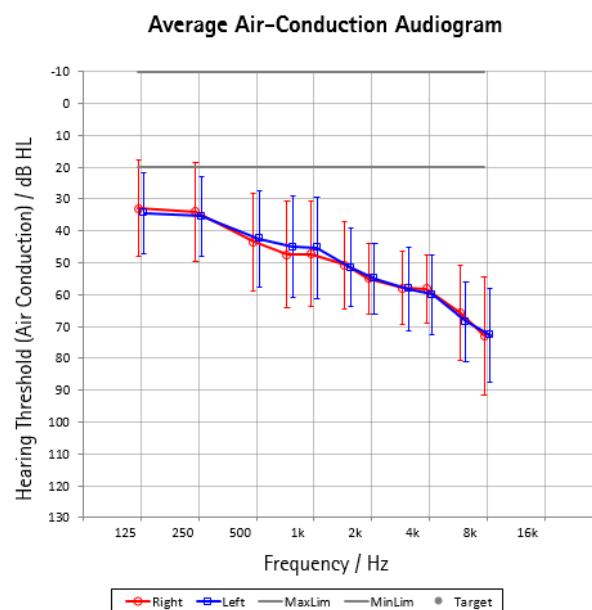


Figure 1. Perte auditive moyenne des 20 participants. Les valeurs minimales et maximales de la perte auditive sont également représentées. Hearing Threshold (Air Conduction) / dB HL = Seuil auditif (conduction aérienne) / dB HL. Frequency / Hz = Fréquence / Hz

Configuration du test

Le signal sonore était un bruit diffus dans une cafétéria à un niveau constant de 65 dB SPL diffusé via des haut-parleurs placés 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 de signal vocal diffusé via un haut-parleur placé à 0° en face du participant, jusqu'à déterminer le SRT 50 pour chaque participant. Sur la base de ce SRT 50 individuel, les conditions de RS/B élevé et faible ont été définies individuellement comme suit :
 RS/B élevé = SRT 50 + 3 dB + 4 dB ;
 RS/B faible = SRT 50 + 3 dB.

Conditions de test

Le test comprenait 8 conditions selon une conception 2 x 2 x 2 avec les facteurs suivants

- RS/B : RS/B élevé par rapport à RS/B faible
- Appareil auditif : Phonak Audéo B90-312 par rapport à un dispositif concurrent
- Programme :
Phonak PdBI par rapport à PHONAK calme et
Programme Bruit concurrent par rapport au Programme Calme concurrent (réglage du concurrent pour les environnements calmes)

Paradigme de test

Le matériel vocal utilisé dans cette étude était issu du matériel de test de phrases OLSA (Wagner et Kollmeier, 1999). Un travail de répétition des mots prononcés a été élaboré sur la base de ces phrases. Les participants ont écouté deux phrases l'une à la suite de l'autre et devaient se rappeler des noms, des chiffres ou des objets qu'ils avaient entendus (tâche de mémoire). Ils ont répondu sur un écran tactile. La variable dépendante générée correspondait au pourcentage d'éléments de phrase dont le participant se souvenait correctement (précision).

Après chaque bloc (8 x 2 phrases = 16 phrases), les participants ont dû évaluer leur expérience en matière d'effort d'écoute et de mémoire (efforts nécessaires pour se souvenir des éléments). Les participants pouvaient répondre sur la base d'une échelle à 13 points adaptée à partir de l'échelle ACALES (Krüger et al., 2017) sur un écran tactile.

Les conditions étaient présentées en blocs, selon un ordre aléatoire : la moitié des participants ont commencé par les appareils Phonak, et l'autre moitié par les appareils du concurrent.

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 OLSA et s'en souvenaient, l'EEG a été 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 datés dans des intervalles de temps de 2 500 ms aux alentours du début de chaque phrase OLSA. Une analyse de la densité spectrale entre 3 et 25 Hz a été

menée dans ces intervalles de temps. L'étude s'est focalisée sur la bande de fréquences alpha de l'EEG (8 à 12 Hz).

Résultats

L'analyse des enregistrements EEG a entraîné l'exclusion de deux participants de l'échantillon de données EEG. Les valeurs d'impédance étaient en effet assez médiocres lors de l'enregistrement pour un participant et les données de l'autre participant ont été perdues en raison de la perte de connexion Bluetooth. L'étude a alors regroupé un échantillon de 18 participants pour l'analyse des enregistrements EEG.

La mesure objective de la précision des réponses (pourcentage de bonnes réponses) a montré que les conditions RS/B étaient bien choisies, ce qui a donné une bonne intelligibilité vocale, obtenant une précision entre 70 et 90 % pour (presque) tous les réglages.

L'effort d'écoute subjectif a été évalué pour chaque condition. Pour Phonak, en cas de RS/B faible, l'effort d'écoute était évalué comme étant statistiquement plus faible (19 %) en utilisant Phonak PdBI, par rapport à Phonak calme. Pour le concurrent, aucune différence d'effort d'écoute n'a été notée en utilisant le Programme Bruit concurrent par rapport au Programme Calme concurrent. Lorsque les appareils étaient comparés directement l'un à l'autre (figure 2), l'effort d'écoute était évalué comme étant considérablement plus faible (18 %) avec Phonak PdBI qu'avec Bruit concurrent.

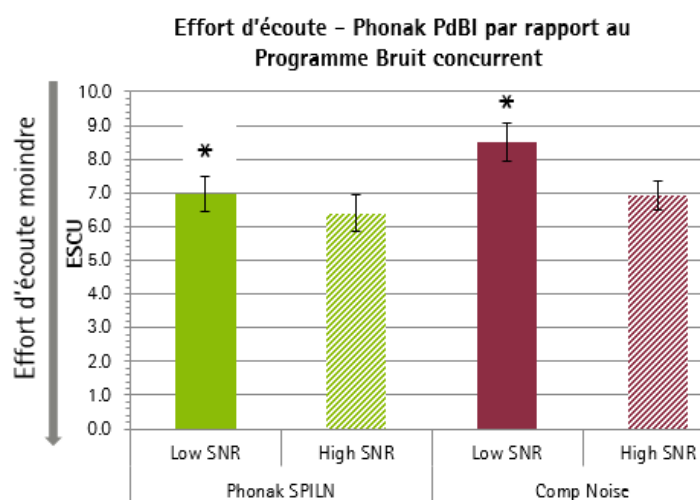


Figure 2. Évaluation moyenne subjective de l'effort d'écoute (unités de classification estimées (ESCU) à l'aide de barres d'erreur standard pour Phonak PdBI et Programme Bruit concurrent dans des conditions de RS/B élevé et faible). * = différence significative. Low SNR = RS/B faible. High SNR = RS/B élevé. Phonak SPILN = Phonak PdBI. Comp Noise = Programme Bruit concurrent

L'effort de mémoire subjectif a également été évalué pour chaque condition. L'effort d'écoute est une activité cognitive se déroulant à un niveau inférieur dans le cerveau, alors que l'effort de mémoire se trouve à un niveau supérieur, plus élevé. Une analyse par corrélation a montré que les participants ont évalué l'effort d'écoute différemment par rapport à l'effort de mémoire, ce qui suggère que les participants étaient en mesure de faire une distinction entre ces deux dimensions.

L'effort de mémoire a été évalué comme étant bien plus faible avec Phonak PdBI qu'avec Phonak calme, alors qu'aucune différence n'a été notée entre le réglage Bruit concurrent et Calme concurrent. Lorsque les appareils étaient comparés directement l'un à l'autre (figure 3), l'effort de mémoire était également évalué comme étant considérablement plus faible avec Phonak PdBI qu'avec le Programme Bruit concurrent.

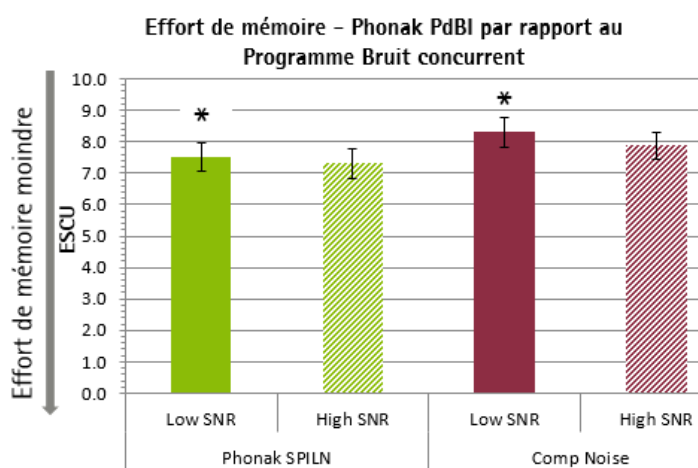


Figure 3. Évaluation moyenne subjective de l'effort de mémoire (unités de classification estimées (ESCU) à l'aide de barres d'erreur standard pour Phonak PdBI et Programme Bruit concurrent dans des conditions de RS/B élevé et faible). * = différence significative

Ces résultats montrent que l'effort nécessaire pour écouter et comprendre la parole, ainsi que pour stocker ces informations dans la mémoire, est supérieur en utilisant le Programme Bruit concurrent par rapport à Phonak PdBI.

L'analyse EEG (figure 4) a montré que la densité spectrale alpha (8 à 11 Hz) pour le réglage Phonak PdBI était inférieure par rapport au Programme Bruit concurrent, quel que soit le RS/B. L'activité de bande de fréquences alpha avec Phonak PdBI indique un effort d'écoute moindre par rapport aux conditions du concurrent, ce qui corrobore les conclusions des données comportementales.

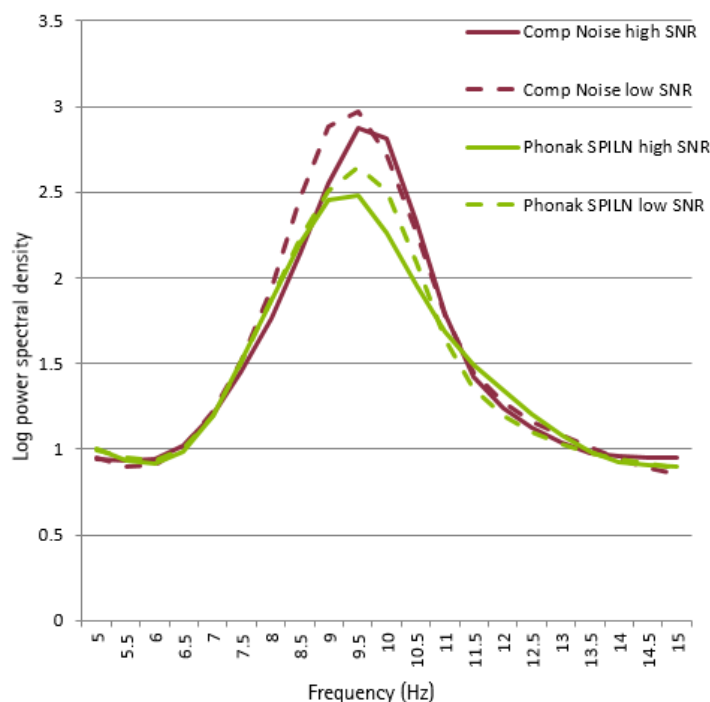


Figure 4. Valeurs moyennes de densité spectrale (moyenne sur le temps et les électrodes C3, C4, CP5, CP6, P3, P4) entre 5 et 15 Hz pour Phonak PdBI et Bruit concurrent en cas de RS/B élevé et faible. La figure montre que l'activité est plus élevée pour le concurrent que pour Phonak à la fois en cas de RS/B élevé et faible. Log power spectral density = Densité spectrale de puissance

Discussion et conclusion

L'effort d'écoute subjectif est plus faible pour Phonak PdBI que pour Phonak calme, surtout lorsque le RS/B est plus faible. Les résultats de l'analyse des données EEG (activité de bande de fréquences alpha) concordent avec les données subjectives, car l'activité alpha en utilisant Phonak PdBI est bien plus faible qu'en utilisant Phonak calme, quel que soit le RS/B. StereoZoom entraîne une meilleure suppression du bruit. Le signal vocal est donc plus facile à comprendre, car StereoZoom dans Phonak PdBI a réduit le bruit interférant de la cafétéria, qui doit être supprimé par le cerveau (hypothèse des ressources partagées). Cela se traduit par une diminution de l'activité alpha pour Phonak PdBI par rapport à Phonak calme. Les résultats de l'analyse des données EEG font état d'une diminution de l'effort d'écoute, ce qui se voit très bien au niveau neurophysiologique également (Strauss, 2014).

Les résultats concernant la comparaison de Phonak PdBI et du Programme Bruit concurrent concordent avec ceux concernant la comparaison de Phonak PdBI et Phonak calme. L'effort d'écoute et l'effort de mémoire subjectifs sont plus faibles pour Phonak PdBI que pour le Programme Bruit concurrent, surtout en cas de RS/B inférieur. Les résultats de l'analyse des données EEG (densité spectrale alpha) concordent à nouveau avec les données subjectives, car l'activité alpha est largement inférieure pour Phonak PdBI

par rapport au Programme Bruit concurrent, quel que soit le RS/B. Cela pourrait indiquer que la suppression du bruit avec StereoZoom a un effet supérieur que l'approche adoptée avec le Programme Bruit concurrent, ce qui entraîne alors une diminution de l'effort d'écoute pour Phonak PdBI par rapport au Programme Bruit concurrent, que ce soit subjectivement ou objectivement.

Aucune différence significative n'a été notée entre Phonak PdBI et le Programme Bruit concurrent en ce qui concerne la précision des réponses (pourcentage de mots dont le participant se souvenait correctement) en utilisant des valeurs RS/B individuelles pour garantir une intelligibilité vocale suffisante dans toutes les conditions. L'effort d'écoute supérieur pour le Programme Bruit concurrent pourrait potentiellement indiquer que des processus compensatoires, nécessaires pour maintenir un bon niveau de performances cognitives, sont activés. En d'autres termes, les participants doivent « déployer » davantage de ressources (neurales) en utilisant le Programme Bruit concurrent pour obtenir les mêmes performances qu'avec Phonak PdBI avec StereoZoom. Cette augmentation des ressources révèle elle-même un effort d'écoute supérieur, ce qui a été établi subjectivement et neurophysiologiquement.

L'EEG constitue une méthode utile et instructive pour évaluer et quantifier objectivement l'effort : dans ce cas, l'EEG a montré une diminution de l'effort d'écoute pour StereoZoom par rapport au modèle concurrent, surtout dans les environnements bruyants.

Références

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

Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.

Krueger, M., Schulte, M., Brand, T., & Holube, I. (2017). Development of an adaptive scaling method for subjective listening effort. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(6), 4680-4693.

Latzel, M., & Appleton-Huber, J. (2015). StereoZoom - Adaptive behavior improves speech intelligibility, sound quality and suppression of noise. *Phonak Field Study News*, retrieved from

<https://www.phonakpro.com/com/en/resources/information-forms/evidence.html>, accessed June 27th, 2018.

McGarrigle, R., Munro, K. J., Dawes, P., et al. (2014). Listening effort and fatigue: what exactly are we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. *International Journal of Audiology*, 53, 433-440.

Pichora-Fuller, M., Singh, G. (2006). Effects of age on auditory and cognitive processing: implications for hearing aid fitting and audiologic rehabilitation. *Trends in Amplification*, 10(1), 29-59.

Picou, E. M., Aspell, E., Ricketts, T. A. (2014). Potential benefits and limitations of three types of directional processing in hearing aids. *Ear and Hearing*, 35(3), 339-352.

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

Strauß, A., Wöstmann, M., Obleser, J. (2014). Cortical alpha oscillations as a tool for auditory selective inhibition. *Front Human Neuroscience*, 8(350), 1-7.

Winneke, A., Meis, M., Wellmann, J., Bruns, T., Rahner, S., Rannies, J., Wallhoff, F., Goetze, S. (2016a). Neuroergonomic assessment of listening effort in older call center employees. *Proceedings of the 9th AAL Kongress, Frankfurt/Main*.

Winneke, A., De Vos, M., Wagener, K., Latzel, M., Derleth, P., Appell, J., & Wallhoff, F. (2016b). Reduction of listening effort with binaural algorithms in hearing aids: an EEG Study. Poster presented at the 43rd Annual Scientific and Technology Meeting of the American Auditory Society, Scottsdale, AZ.

Auteurs et chercheurs

Chercheur externe principal



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.

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 Phonak AG, en Suisse.

Auteur



Jennifer Appleton-Huber a obtenu son diplôme 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.