

Améliorer l'attention sélective : Nouvelles preuves relatives à Oticon Opn S™

RÉSUMÉ

La capacité à écouter sélectivement à ce qui est important et pertinent est essentielle afin de naviguer dans les complexités des environnements sonores tout au long de la journée. Cette capacité est importante pour une communication vocale et une participation sociale réussies et s'avère restreinte chez les individus atteints d'une déficience auditive.

Ce livre blanc commence par introduire le concept d'attention sélective. Il poursuit ensuite en s'intéressant à une nouvelle technique visant à évaluer l'attention sélective à l'aide de l'électroencéphalographie (EEG) qui peut mesurer la capacité du cerveau à suivre la parole que la personne écoute au fil du temps.

Nous présentons une recherche utilisant pour la première fois cette nouvelle technique pour évaluer les avantages d'une technologie avancée dans les aides auditives. Les preuves démontrent qu'OpenSound Navigator (OSN) dans l'aide auditive Oticon Opn S améliore significativement le suivi du locuteur pertinent par le cerveau, en permettant ainsi aux personnes qui écoutent de mieux organiser différentes sources sonores. Cela suggère que l'audibilité et l'accès améliorés aux détails de la parole fournis par OSN contribuent à l'utilisation efficace de l'attention sélective dans les situations d'écoute difficiles.

RÉDACTEURS DE CETTE PUBLICATION

Elaine Hoi Ning Ng, PhD

Chercheuse principale en audiologie, Centre pour la recherche appliquée en audiologie, Oticon A/S

Brian Man Kai Loong, MSc

Audiologiste en recherche clinique, Centre pour la recherche appliquée en audiologie, Oticon A/S

Essayez de vous imaginer avec vos amis et votre famille. Vous êtes au restaurant, entouré par d'autres personnes qui elles-aussi profitent de l'instant. Dans la cacophonie des rires et du remue-ménage en cuisine, vous discutez avec votre ami proche qui est assis en face de vous. La conversation, qui déborde de joie et de rires, attire l'attention de votre cousin. Votre cousin rejoint la conversation pour raconter sa part de l'histoire, vous êtes donc intrigué et vous décidez peut-être de diriger votre attention sur votre cousin. Parfois, le sujet tourne autour de la nourriture, d'autre fois il s'agit de ce jour où vous avez fait quelque chose de gênant. Votre attention passe rapidement d'un interlocuteur à l'autre afin de vous permettre de suivre la conversation.

Une situation aussi dynamique que celle-ci peut ravir les personnes présentant une audition normale. Mais celles qui souffrent d'une perte auditive trouvent souvent ce type de scénario intimidant (Noble, 2006). Une des raisons de cette divergence est liée aux différents niveaux de la capacité à écouter un locuteur de façon sélective (Shinn-Cunningham & Best, 2008).

Attention sélective

L'attention sélective peut être approximativement définie comme la capacité à se focaliser sur une seule source souhaitée tout en supprimant les sources en concurrence au fil du temps par l'organisation des sons ambiants. Il s'agit du processus qui nous permet de donner la priorité aux informations pertinentes par rapport à celles qui ne le sont pas. Dans l'idéal, l'attention sélective est rapide et dirigeable. Il s'agit d'une capacité à se focaliser et se refocaliser (déplacement de l'attention) naturellement sur différentes sources sonores pertinentes. Dans le scénario ci-dessus, cela correspondrait à organiser les sons dans un environnement complexe (mélange de sons de votre cousin, de votre ami et bruits du restaurant) et à donner la priorité à la parole de votre cousin.

C'est une capacité que les personnes ayant une audition normale considèrent comme allant de soi mais cela peut

être difficile pour les personnes atteintes de perte auditive. Les mécanismes sous-jacents sont complexes mais ils concernent principalement l'idée de la perception d'« objets auditifs » (Shinn-Cunningham & Best, 2008). En bref, pour que le cerveau puisse interpréter une scène auditive complexe, il doit d'abord organiser les sons en objets auditifs distincts. Ensuite, il doit les analyser de façon à atteindre l'objectif final de la personne qui écoute (comme vouloir comprendre son cousin afin de pouvoir apporter une réponse valable).

On sait que nos cerveaux aiment organiser et grouper ces objets auditifs selon les caractéristiques sonores, comme les différences en termes de hauteur, volume et position spatiale ainsi qu'en termes de familiarité et d'attentes (Bregman, 1990). Lorsqu'on développe une perte auditive, le facteur de distorsion (Plomp, 1978) fait perdre la sensibilité aux indices acoustiques, comme la résolution spectrale (Moore, 2007) et la résolution temporelle (Nelson & Freyman, 1987), qui s'avèrent essentiels pour identifier ces caractéristiques. Par conséquent, ces caractéristiques distinctives deviennent floues et peuvent se mêler, en créant ainsi un objet beaucoup trop complexe pour être déchiffré par le cerveau. Cela interfère également avec la capacité à filtrer les sources sonores. Un concept visuel est illustré dans la Figure 1.

Utiliser des aides auditives constitue une façon de compenser la perte auditive. En plus de fournir une audibilité des sons à des fréquences que les personnes souffrant de perte auditive ne peuvent pas entendre, les plans de réduction du bruit visent à réduire le niveau de bruit de fond et à améliorer le rapport signal/bruit. Lorsque le bruit de fond est réduit, le cerveau a accès à un signal de parole plus clair, incluant les indices acoustiques mentionnés ci-dessus. Cela permet à la parole de se démarquer davantage et d'être plus facilement captée à partir d'un mélange de sons. La personne devient donc capable d'écouter plus facilement une source sonore de façon sélective.

ASSIETTES RIRES MASTICATION
AMI COUSIN
MASTICATION ASSIETTES RIRES

PLATES LAUGHING CHEWING
FRIEND COUSIN
CHEWING PLATES LAUGHING

Figure 1. Une illustration schématique du concept d'objets auditifs et de la façon dont il est représenté chez un individu présentant une audition normale ou une perte auditive. Le diagramme de gauche montre ce qui est susceptible de se produire lorsque la personne présente une audition normale, le texte net illustre une classification claire des sources sonores individuelles. Par ailleurs, les différentes couleurs pour « ami » et « cousin » illustrent une distinction claire entre les deux sources pertinentes et la capacité de la personne à séparer et à écouter sélectivement chacune d'entre elles. En revanche, le diagramme de droite montre ce qui est susceptible de se produire lorsque la personne présente une perte auditive, le texte flou montre qu'avec un mélange sonore dégradé, il n'est pas seulement plus difficile de se concentrer sur l'un de ces objets, il est également plus difficile de les distinguer. Cela peut éventuellement faire en sorte que ces objets aient une « apparence » similaire et qu'ils soient mêlés dans une masse complexe difficile à déchiffrer. Illustration inspirée du concept de Shinn-Cunningham et Best (2008).

Évaluer l'attention sélective

Il existe différentes façons de mesurer l'attention sélective. Les mesures subjectives ou d'auto-évaluation constituent les façons les plus courantes de le faire. Les participants sont invités à évaluer l'efficacité avec laquelle ils sont capables d'écouter sélectivement la source sonore souhaitée. Cependant, un des inconvénients tient au fait que les personnes sont susceptibles d'avoir un « seuil » perceptif différent relatif à ce qui les amène à penser qu'elles peuvent écouter de façon sélective. Les tests comportementaux constituent une autre façon d'évaluer l'attention sélective. Ils peuvent être réalisés en testant la capacité d'une personne à suivre un son souhaité comme la parole tout en présentant simultanément des flux de parole en concurrence.

Ces dernières années, on a observé un intérêt accru dans le champ de l'attention sélective utilisant la neuroimagerie humaine (Alickovic et al., 2019 ; Lee et al., 2014). Les études ont démontré qu'en utilisant, par exemple, l'électroencéphalographie (EEG), la magnétoencéphalographie (MEG), l'électrocorticographie (EcoG), il était possible de déterminer l'intérêt principal de la personne qui écoute dans un environnement à plusieurs locuteurs (Alickovic et al., 2019 ; Ding & Simon, 2013 ; Mesgarani & Chang, 2012 ; O'Sullivan et al., 2015 ; Power et al., 2012). En d'autres termes, ces techniques permettent de mesurer l'efficacité du cerveau en ce qui concerne le suivi de la parole que la personne écoute au fil du temps.

L'EEG est une méthode électro-physiologique, non invasive et objective qui peut être utilisée pour mesurer l'activité électrique générée par le cerveau. Cette activité

est enregistrée par des électrodes placées sur le cuir chevelu et fixées à un bonnet élastique afin de veiller à ce que les enregistrements soient recueillis à partir de positions identiques pour tous les participants au test.

Les potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral (ABR) constituent sans doute la technique de mesure par EEG la plus connue des audioprothésistes. Elle mesure, sur le cuir chevelu, la réponse électro-physiologique aux stimuli auditifs rapides, comme les clics ou les impulsions sonores, dont l'origine se situe dans le tronc cérébral. Dans le cadre de la pratique clinique, elle est utilisée pour estimer les seuils auditifs et détecter un dysfonctionnement auditif chez des clients qui ne peuvent pas ou ne veulent pas participer aux traditionnels tests comportementaux d'audition.

En revanche, la technique EEG utilisée dans les études récentes portant sur l'attention visait à examiner l'amélioration sélective des réponses corticales à la parole écoutée par rapport à la parole ignorée au cours d'une écoute active. En général, ces études enregistrent les réponses corticales en tant que données brutes en demandant au participant de prêter attention à un locuteur qu'il doit écouter (source souhaitée) tout en ignorant simultanément les sources en concurrence (locuteur en concurrence et brouhaha de parole en bruit de fond). Dans le cas de l'EEG, la méthodologie pour les étapes correspondantes, comme indiqué sur la Figure 2, implique généralement :

- 1) Les sons de deux locuteurs cibles sont présentés simultanément à la personne qui écoute. Elle doit

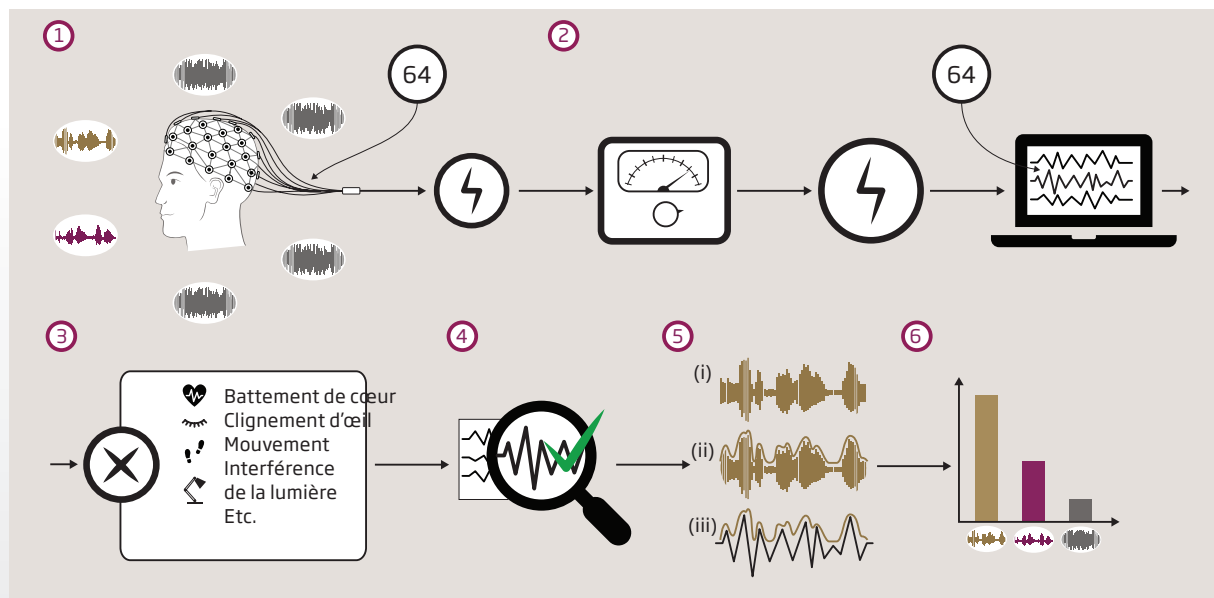


Figure 2. Ce diagramme de flux décrit la procédure générale pour mesurer l'attention sélective dans un environnement à plusieurs locuteurs avec deux locuteurs cibles.

prêter attention à la source souhaitée, qui correspond à l'un des deux locuteurs cibles, tout en ignorant les autres sources. En général, les signaux EEG sont enregistrés par des électrodes humides positionnées sur le cuir chevelu en tant que données brutes.

- 2) Puis, les signaux EEG passent par un amplificateur, étant donné que les signaux sont généralement très faibles en raison des signaux électriques produits par les mouvements musculaires.
- 3) Les données brutes de l'EEG passent par un filtre qui exclut les artefacts et les bruits indésirables qui sont internes (battements du cœur, clignements des yeux, mouvements de la tête, etc.) et externes (interférence d'une source lumineuse). Le signal ainsi obtenu est plus clair, ce qui permet une analyse plus aisée.
- 4) Inspection initiale des données acquises pour confirmer qu'elles sont adaptées à l'analyse.
- 5) Cette étape examine l'efficacité du cerveau en termes de suivi ou de synchronisation avec la parole écoutée et ignorée en comparant les signaux EEG et les signaux de parole originaux. Pour ce faire,
 - a) Tout d'abord, à partir du signal acoustique original (i), nous extrayons l'enveloppe de la parole (ii).
 - b) Puis, nous devons transformer les signaux EEG en un format qui peut être comparé avec l'enveloppe de la parole. Cela est réalisé à l'aide d'un decodeur, son objectif est de s'approcher (ou de reconstruire) au mieux les signaux acoustiques originaux basés sur le signal EEG en tant qu'entrée. Ce processus porte le nom de reconstruction du stimulus.
 - c) Nous comparons l'enveloppe des stimuli reconstruits et l'enveloppe des signaux de parole originaux en calculant leur corrélation (iii). Une valeur de corrélation plus élevée peut être interprétée comme une meilleure capacité du cerveau à suivre le signal de parole (désignée comme « intensité du suivi EEG » dans la Figure 5).
- 6) Finalement, les valeurs de corrélation sont comparées entre les stimuli reconstruits des conditions à écouter ou à ignorer.

Dans certains cas, afin de veiller à ce que le participant soit activement engagé dans la tâche, les chercheurs lui demanderont également de répondre à des questions en lien avec la parole à écouter.

Nouvelles preuves sur l'attention sélective

Les plans de réduction du bruit sont conçus pour améliorer l'intelligibilité de la parole en réduisant le niveau du bruit de fond et en augmentant ainsi le rapport signal/bruit pour la personne qui écoute. Les technologies BrainHearing comme OpenSound Navigator (OSN) (voir Le Goff et al., 2016) visent à aider les utilisateurs d'aides auditives dans les environnements acoustiques complexes en réduisant la charge cognitive et en facilitant l'organisation de scènes sonores complexes, ce qui aide le cerveau à se concentrer sur la source pertinente.

OSN constitue une amélioration par rapport aux plans conventionnels de réduction du bruit puisque le bruit est traité plus précisément, ce qui permet une atténuation plus efficace et rapide de ces sources. Une amélioration significative de la compréhension de la parole sur deux technologies conventionnelles d'aides auditives, la directivité et la directivité étroite, a été démontrée (Le Goff & Beck, 2017). Les avantages d'OSN ne sont pas simplement limités à la compréhension de la parole. Nous avons également démontré une réduction significative de l'effort d'écoute à l'aide d'OSN en utilisant la pupillométrie et une performance significativement améliorée dans une tâche de rappel (Juul Jensen, 2019). Cela montre qu'OSN a été capable de libérer des ressources cognitives en favorisant l'encodage de mots dans la mémoire à long terme, ce qui s'avère crucial pour la communication vocale.

Le but de cette étude était de s'intéresser à la capacité d'un individu à écouter ou à suivre de façon sélective différents locuteurs dans un bruit de fond à l'aide des techniques de détection de l'attention auditive décrites ci-dessus, pour déterminer si OSN améliore l'attention



Figure 3. Configuration du test avec un total de six haut-parleurs. Il y a deux locuteurs cibles à l'avant (en bleu et rouge, à +/- 22 degrés). Chacun des quatre haut-parleurs restants (en noir, à +/- 90 degrés et +/- 150 degrés) présente un brouhaha à quatre locuteurs, ce qui produit un brouhaha à 16 locuteurs. Tous les haut-parleurs sont placés à 141 cm du participant.

sélective. Dans ce livre blanc, nous présentons un bref résumé tiré d'une étude plus large menée au centre de recherche Eriksholm (Alickovic et al., 2020).

Méthodes

Vingt-deux utilisateurs d'aides auditives expérimentés (âge moyen de 67 ans) présentant une perte auditive légère à modérée ont participé à l'étude. Les aides auditives utilisées étaient des miniRITE Oticon Opn S 1 et l'amplification prescrite était basée sur des seuils audiométriques individuels à l'aide de la formule Dynamique vocale optimisée (DVO) (Le Goff, 2015). Pour évaluer les avantages liés à OSN, deux conditions expérimentales ont été utilisées - OSN activé et OSN désactivé.

Les participants étaient assis dans une cabine d'écoute. La Figure 3 illustre la configuration du test. Il y avait deux locuteurs cibles (une femme et un homme) et quatre haut-parleurs diffusant du bruit. Le niveau de présentation de chacun des locuteurs cibles était fixé à 62 dB SPL et le niveau global de bruit, un brouhaha à 16 locuteurs, était fixé à 59 dB SPL. Le rapport signal/bruit était toujours maintenu à +3dB pour reproduire un environnement bruyant réaliste. L'ordre de présentation du genre des locuteurs cibles (homme/femme) et la direction (gauche/droite) étaient aléatoires.

Au début de chaque essai, les participants étaient informés du locuteur qu'ils devaient écouter tout en ignorant les autres sources sonores en concurrence. Chaque essai a commencé avec le brouhaha à 16 locuteurs. Cinq secondes plus tard, deux séquences d'actualités différentes étaient diffusées séparément, à l'avant, avec les locuteurs à écouter ou à ignorer, en même temps que le brouhaha pour la durée restante (33 secondes). Les séquences d'actualités étaient issues de journaux télévisés danois, en permettant ainsi aux participants de suivre un flux de parole réaliste. À la fin des séquences d'actualités, une question à 2 choix à laquelle les participants devaient répondre était présentée sur un écran

d'ordinateur. Le but de celle-ci était de maintenir l'engagement des participants sur la tâche. Cela est illustré dans la Figure 4. Vingt essais ont été menés pour chaque condition de test.

Les signaux EEG étaient enregistrés par 64 électrodes humides positionnées sur le cuir chevelu et deux électrodes externes liées à la mastoïde. Le bruit et les artéfacts indésirables étaient filtrés.

Résultats

Dans la condition OSN désactivé (voir la Figure 5, volet de gauche), on observe une distinction claire en ce qui concerne le suivi par le cerveau de la parole à écouter et à ignorer, ce qui démontre comment le cerveau organise les sons ou les objets auditifs en fonction de leur pertinence. En premier lieu, l'intensité la plus élevée du suivi EEG concerne le locuteur à écouter. Cela signifie que le cerveau a naturellement amplifié l'intensité du suivi de la parole à écouter, même lorsqu'elle avait le même niveau de présentation que la parole à ignorer (62 dB SPL). Ceci est conforme aux résultats rapportés par Petersen et al. (2017) et Das et al. (2018), qui ont montré un suivi cérébral plus faible de la parole à ignorer que de la parole à écouter. La capacité à suivre le locuteur à ignorer et le brouhaha en bruit de fond était très similaire. Cela suggère qu'il peut être difficile pour les personnes qui écoutent de distinguer entre les deux sources sonores.

Les analyses statistiques ont montré qu'avec OSN ON (voir la Figure 5, volet de droite) le suivi cérébral de la parole à écouter et à ignorer est significativement amélioré ($p < 0,05$), tandis que le suivi du brouhaha en bruit de fond est significativement supprimé ($p < 0,05$). Ceci est conforme aux résultats rapportés par Das et al. (2018) : de meilleurs rapports signal/bruit améliorent généralement le suivi cérébral de la parole à écouter. Les résultats ont également révélé que l'intensité du suivi cérébral de la parole à ignorer était plus forte que celle du brouhaha en bruit de fond, ce qui suggère une distinction plus nette entre ces deux sons.

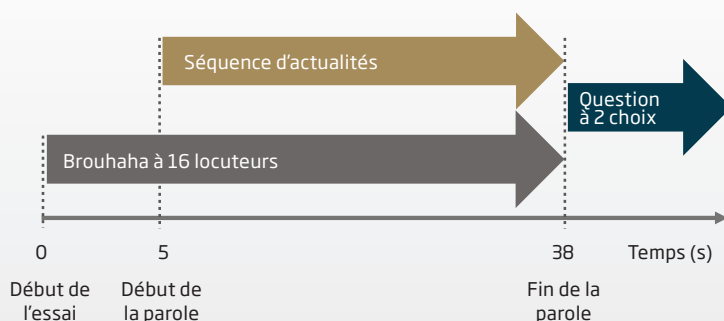


Figure 4. Cette figure montre ce qui se passe au cours d'un essai dans le cadre de l'expérience. Le brouhaha à 16 locuteurs commence en premier. Cinq secondes plus tard, deux séquences d'actualités différentes sont diffusées séparément (pendant 33 secondes) à partir des deux locuteurs cibles, à l'avant, et le participant doit prêter attention à l'un d'entre eux. À 38 secondes, le participant doit répondre à une question à deux choix concernant la séquence d'actualités présentée par le locuteur à écouter.

Interprétations et conclusions

Dans cette étude, nous avons constaté que le suivi cérébral du locuteur à écouter était significativement amélioré par l'activation d'OSN. Cette conclusion fournit la preuve que l'activation d'OSN renforce encore plus la capacité naturelle humaine à amplifier la représentation neuronale de la parole à écouter dans les environnements bruyants. Cela suggère que l'audibilité et l'accès améliorés aux détails de la parole fournis par OSN contribuent à l'utilisation efficace de l'attention sélective dans les situations d'écoute difficiles. Par ailleurs, la distinction améliorée entre la parole à ignorer et le brouhaha en bruit de fond indique que le cerveau peut suivre différentes sources sonores simultanément. L'ensemble des résultats de l'étude suggèrent qu'OSN aide le cerveau à mieux surveiller et organiser différentes sources sonores dans les environnements acoustiques en fonction de leur pertinence. L'intensité du suivi cérébral était plus forte pour la parole à écouter et plus faible pour le brouhaha en bruit de fond. Une meilleure organisation des différentes sources sonores de l'environnement permet, si nécessaire, un déplacement volontaire de l'attention aisé et rapide entre différents locuteurs en présence de bruit.

Nos avantages BrainHearing jouent un rôle fondamental dans le traitement de la parole. Dans nos études précédentes, nous avons montré que par rapport à Oticon

Opn, Opn S renforce l'intelligibilité de la parole, réduit l'effort pendant une écoute active et améliore le rappel des informations pertinentes stockées dans la mémoire, ce qui est important pour raisonner, répondre et réagir au cours d'une communication vocale (Juul Jensen, 2019).

Pendant l'écoute, la sélection d'informations à l'aide de l'attention constitue une caractéristique importante d'une communication vocale réussie. Les personnes qui écoutent doivent concentrer et maintenir leur attention sur le locuteur de leur choix tout en ignorant les sons peu importants lorsque l'environnement présente des sources simultanées de parole et de bruit. Cela est particulièrement difficile pour les personnes souffrant de perte auditive. Ce livre blanc présente des preuves, à l'aide d'une nouvelle méthode de recherche par EEG, qu'Opn S améliore significativement la capacité de la personne qui écoute à suivre le locuteur de son choix et qu'il permet de mieux organiser différentes sources sonores en fonction de leur pertinence. Cette capacité essentielle à écouter sélectivement ce qui est important aide les utilisateurs d'aides auditives à gérer des environnements acoustiques complexes et à y naviguer tout au long de la journée, en leur permettant de profiter d'une communication vocale réussie et qui plus est, de participer et de s'engager activement dans les situations sociales.

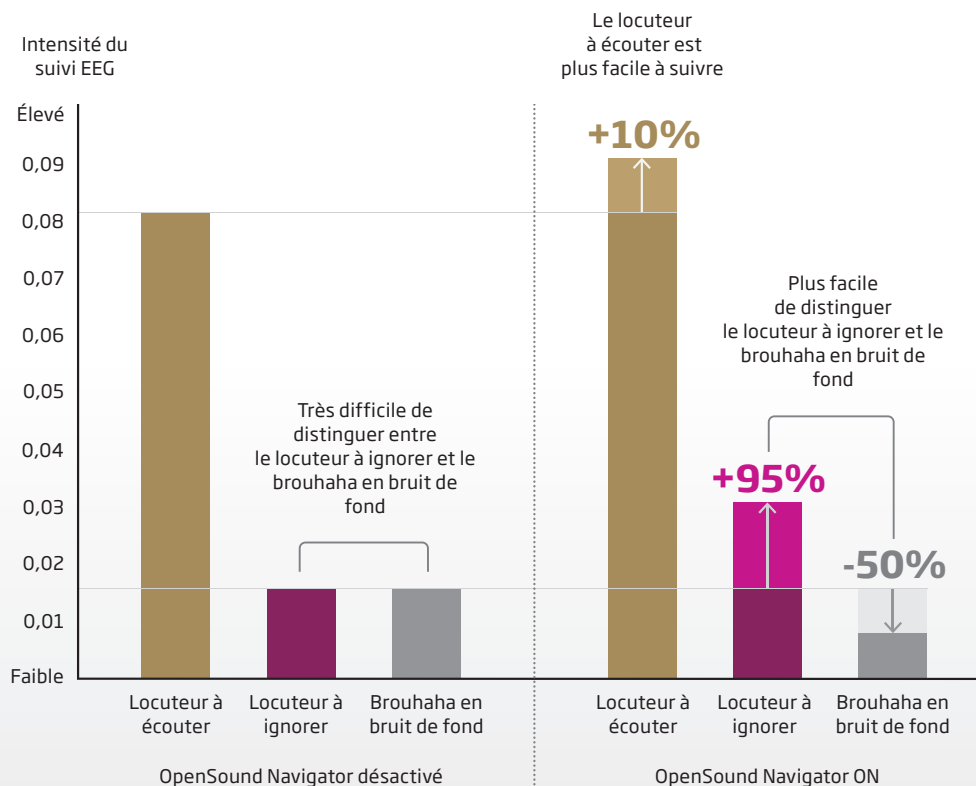


Figure 5. Résultats de l'étude. Les participants ont été capables de suivre la parole pertinente avec OSN désactivé (gauche) et avec OSN activé (droite). Comme montré dans le diagramme, on observe une amélioration de la capacité du cerveau à suivre la parole à écouter et à ignorer, ainsi qu'une suppression plus importante du brouhaha avec OSN activé. (Source : Lunner et al., en cours de publication)

Références

1. Alickovic, E., Lunner, T., Gustafsson, F., & Ljung, L. (2019). A tutorial on auditory attention identification methods. *Frontiers in Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00153>
2. Alickovic, E., Lunner, T., Wendt, D., Fiedler, L., Hietkamp, R., Ng, E. H. N., & Graversen, C. (2020). Neural representation enhanced for speech and reduced for background noise with a hearing aid noise reduction scheme during a selective attention task. *Frontiers in Neuroscience*.
3. Bregman, A. S. (1990). *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*. MIT Press.
4. Das, N., Bertrand, A., & Francart, T. (2018). EEG-based auditory attention detection: Boundary conditions for background noise and speaker positions. *Journal of Neural Engineering*, 15(6), 066017. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aae0a6>
5. Ding, N., & Simon, J. Z. (2013). Adaptive temporal encoding leads to a background-insensitive cortical representation of speech. *The Journal of Neuroscience*, 33(13), 5728-5735. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5297-12.2013>
6. Juul Jensen, J. (2019). *Opn S Clinical Evidence*. Livre blanc Oticon.
7. Le Goff, N. (2015). *Amplifying soft sounds - a personal matter*. Livre blanc Oticon.
8. Le Goff, N., Wendt, D., Lunner, T., & Ng, E. (2016). *Opn Clinical Evidence*, Oticon Whitepaper.
9. Le Goff, N., et Beck D. (2017). *Pushing the noise limit*. Livre blanc Oticon.
10. Lee, A. K. C., Larson, E., Maddox, R. K., & Shinn-Cunningham, B. G. (2014). Using neuroimaging to understand the Cortical mechanisms of auditory selective attention. *Hearing Research*, 307, 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.06.010>
11. Lunner, T., Alickovic, E., Graversen, C., Ng, E.H.N., Wendt, D., & Keidser, G. (in print). Three new outcome measures that tap into cognitive processes required for real-life communication. *Ear and Hearing*.
12. Mesgarani, N., & Chang, E. F. (2012). Selective cortical representation of attended speaker in multi-talker speech perception. *Nature*, 485(7397), 233-236. <https://doi.org/10.1038/nature11020>
13. Moore, B. C. J. (2007). *Cochlear hearing loss: Physiological, psychological and technical issues* (2. ed). Chichester: Wiley.
14. Nelson, D. A., & Freyman, R. L. (1987). Temporal resolution in sensorineural hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 81(3), 709-720. <https://doi.org/10.1121/1.395131>
15. Noble, W. (2006). Bilateral hearing aids: A review of self-reports of benefit in comparison with unilateral fitting. *International Journal of Audiology*, 45 Suppl 1, S63-71. <https://doi.org/10.1080/14992020600782873>
16. O'Sullivan, J. A., Power, A. J., Mesgarani, N., Rajaram, S., Foxe, J. J., Shinn-Cunningham, B. G., ... & Lalor, E. C. (2015). Attentional selection in a cocktail party environment can be decoded from single-trial EEG. *Cerebral Cortex*, 25(7), 1697-1706.
17. Petersen, E. B., Wöstmann, M., Obleser, J., & Lunner, T. (2017). Neural tracking of attended versus ignored speech is differentially affected by hearing loss. *Journal of Neurophysiology*, 117(1), 18-27. <https://doi.org/10.1152/jn.00527.2016>
18. Plomp, R. (1978). Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 63(2), 533-549. <https://doi.org/10.1121/1.381753>
19. Power, A. J., Foxe, J. J., Forde, E.-J., Reilly, R. B., & Lalor, E. C. (2012). At what time is the cocktail party? A late locus of selective attention to natural speech. *The European Journal of Neuroscience*, 35(9), 1497-1503. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2012.08060>
20. Shinn-Cunningham, B. G., & Best, V. (2008). Selective attention in normal and impaired hearing. *Trends in Amplification*, 12(4), 283-299. <https://doi.org/10.1177/108471380832530>

