

Preuves cliniques Oticon More™

- Un aperçu des nouveaux avantages BrainHearing™

RÉSUMÉ

Ce livre blanc présente les résultats de quatre recherches menées avec Oticon More™ qui fournissent des preuves cliniques des avantages BrainHearing™ de More quant à la capacité du cerveau à s'orienter, se concentrer et reconnaître.

À l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des réponses cérébrales mesurées par le biais de l'électroencéphalographie (EEG), nous avons montré que la fonction MoreSound Intelligence™ (MSI) de More permet d'obtenir une représentation plus claire de la scène sonore intégrale dans le cerveau, des sons plus clairs en arrière-plan et une meilleure focalisation sur les sons intéressants. Ses performances dépassent ainsi ce qui pouvait être atteint avec Oticon Opn S.

Avec More, ces améliorations se traduisent par une meilleure capacité à comprendre le locuteur ciblé dans les situations à plusieurs locuteurs, aussi bien dans les environnements simples que complexes. Les mesures de compréhension de la parole dans le bruit et de rappel montrent également une amélioration significative de la reconnaissance de la parole et du rappel à long terme avec More par rapport à Opn S. Cela prouve les avantages supplémentaires de More en termes de cognition : une meilleure écoute avec moins d'efforts.

AUTEURS

Sébastien Santurette, Elaine Hoi Ning Ng,
Josefine Juul Jensen et Brian Man Kai Loong
Centre pour la recherche appliquée en audiologie, Oticon A/S

Interpréter les sons - Des preuves à trois niveaux

Pour interpréter les sons, nos compétences sensorielles, cognitives et sociales doivent constamment travailler ensemble pour nous permettre de décider de nos actions, communiquer avec les autres et réagir à ce qui se passe autour de nous (Pichora-Fuller et al., 2017 ; Meyer et al., 2016). La perte auditive met à mal cet équilibre précis de compétences en modifiant l'entrée sensorielle reçue par le cerveau. La restauration de cette entrée sensorielle avec des aides auditives doit idéalement restaurer les modèles de l'activité neurale transmis au cerveau (Lesica, 2018), afin que les ressources cognitives ne soient pas complètement dédiées à un traitement laborieux d'un code neural dégradé mais qu'elles restent disponibles pour d'autres fonctions importantes, comme le stockage en mémoire de ce qui a été entendu (Rönnberg et al., 2013). Des conclusions de recherches récentes portant sur les stades de traitement dans le cortex auditif (Alickovic et al., 2021 ; O'Sullivan et al., 2019 ; Hausfeld et al., 2018 ; Puvvada & Simon, 2017) ont montré que le cerveau représente d'abord tous les éléments de la scène sonore entrante dans les aires corticales primaires (Figure 1, point A) et crée du contraste entre les sons qui véhiculent des informations, désignés ici en tant que premier plan de la scène sonore, et les bruits de fonds qui ne véhiculent pas d'informations (Figure 1, point B). Il peut alors utiliser l'attention sélective pour se concentrer sur des sons intéressants de premier plan spécifiques, mis en valeur par rapport aux sons ignorés, ces derniers étant atténués dans les aires corticales de plus haut niveau (Figure 1, point C).

L'audiologie d'Oticon More est basée sur ces nouvelles découvertes scientifiques (pour plus de détails, voir Man & Ng, 2020). Elle est conçue pour traiter les sons de façon à offrir au cerveau un meilleur accès à la scène sonore intégrale, permettre aux sons importants de premier plan de se démarquer du bruit de fond et amplifier cette scène sonore équilibrée en détail (Santurette & Behrens, 2020). Cela a pour but d'aider l'utilisateur à mieux se concentrer sur les sons intéressants et donc à mieux les comprendre et les mémoriser. Ces avantages cliniques d'Oticon More ont été examinés dans quatre études décrites ci-dessous qui couvrent trois niveaux essentiels du traitement par le cerveau, ci-après dénommés orientation, concentration et reconnaissance (voir la Figure 1) :

- **Réponses cérébrales (EEG) :** Les représentations des sons dans le cortex auditif avec Oticon More ont été examinées par le biais de l'électroencéphalographie (EEG) pour tester la clarté de la scène sonore intégrale et des sons de premier plan au cours des stades précoces du traitement cortical (orientation), et la clarté des sons individuels au cours des stades de traitement de plus haut niveau (concentration) ;
- **Capacité à comprendre la parole ciblée :** La capacité à comprendre le locuteur ciblé lorsque plusieurs personnes parlent en même temps a été examinée dans un environnement simple et complexe avec Oticon More ;
- **Compréhension de la parole dans le bruit :** Un test standard de parole dans le bruit a été mené pour

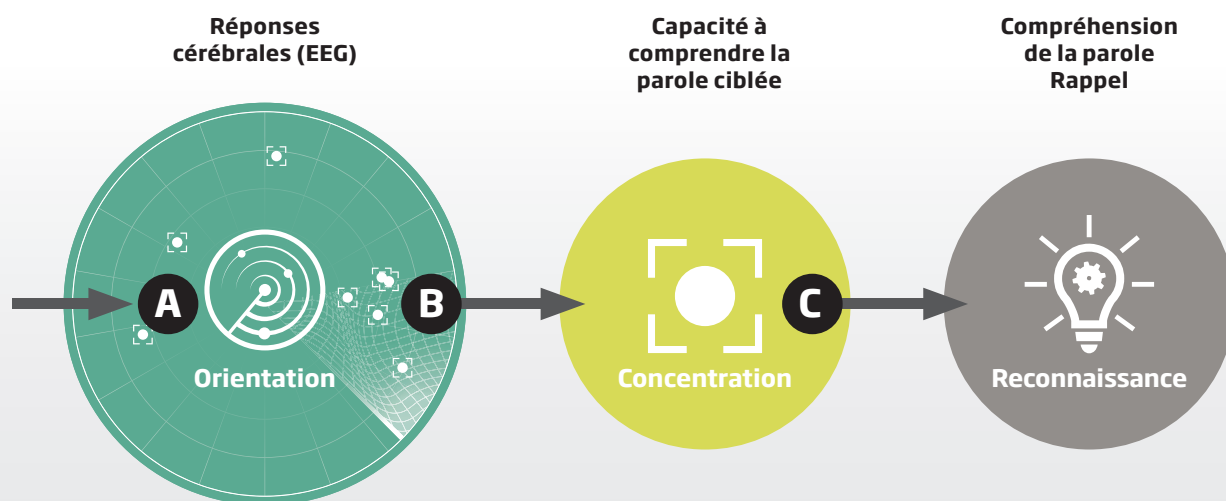


Figure 1. Quatre résultats objectifs et subjectifs ont été utilisés pour étudier les trois niveaux de traitement du son par le cerveau.

comparer les performances de compréhension de la parole avec Oticon More et Oticon Opn S ;

- **Rappel** : Un paradigme à double tâche a été utilisé pour étudier la performance de rappel de la parole avec Oticon More par rapport à Oticon Opn S.

Réponses cérébrales (EEG)

Quand on évoque le fait de « prêter attention », on pense tout de suite à la façon dont l'objet intéressant (par exemple un son donné) devient plus « apparent » pour nous comparé à tout le reste - comme s'il existait une hiérarchie interne dans nos esprits, capable de classer les différents éléments d'une scène selon leur pertinence par rapport à nos objectifs actuels. Bien entendu, cela peut être réalisé dans de nombreuses tâches, par exemple un artiste complètement absorbé par son travail qui se ferme aux distractions pour se dédier complètement à sa création. Cela n'est pas compliqué à imaginer et, de façon générale, nous le réalisons tous facilement dans nos vies quotidiennes. Nous savons également que la perte auditive dégrade la fidélité du signal auditif. Il est donc particulièrement difficile pour une personne souffrant de perte auditive d'appliquer une attention sélective (Shinn-Cunningham & Best, 2008).

Une étude précédente s'est intéressée à la façon dont OpenSound Navigator (OSN) dans Oticon Opn S

contribuait à l'attention sélective en mesurant les représentations neuronales de la parole via EEG (Alickovic et al., 2020 ; Ng & Man, 2019). Cependant, des recherches récentes font état d'un traitement hiérarchique des sons, avec différentes étapes, pendant l'attention sélective (O'Sullivan et al, 2019 ; Puvvada & Simon, 2017). Nous savons désormais que le cerveau utilise un processus en plusieurs étapes, qui relèvent de l'orientation et la concentration, au cours duquel la fidélité d'une étape influence la facilité des suivantes (voir Man & Ng, 2020, pour une vue d'ensemble). Pour cette raison, afin de détailler davantage nos conclusions sur l'attention sélective, nous avons utilisé une nouvelle méthode d'analyse EEG (Alickovic et al., 2021) pour déterminer comment MoreSound Intelligence™ (MSI) dans Oticon More affecte ces deux étapes critiques d'orientation et de concentration, à l'aide d'une configuration similaire à celle de Ng et Man (2019), schématisée dans la Figure 2.

Trente-et-un utilisateurs expérimentés d'aides auditives (âge moyen : 65,6 ans) présentant une perte auditive neurosensorielle stable, bilatérale, légère à modérément sévère ont été recrutés pour participer à cette expérience. Nous avons comparé les réponses cérébrales obtenues avec MSI dans More à l'algorithme Opn S de notre étude précédente, OSN. Notre but était donc de comparer les deux aides auditives au cours des deux étapes, l'orientation et la concentration, en analysant,

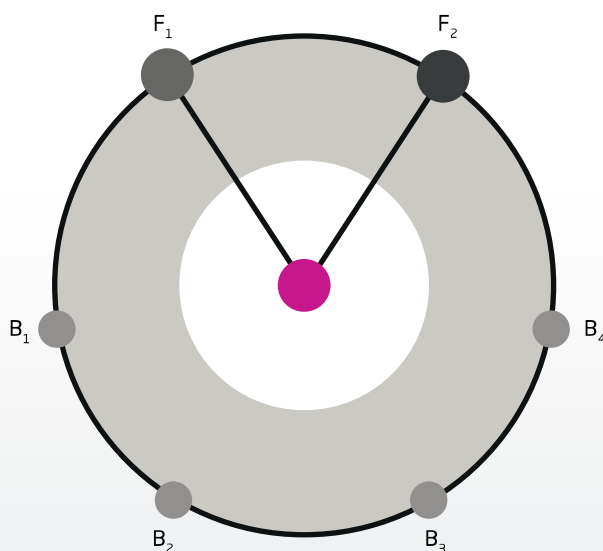


Figure 2. Sons en premier plan (F1, F2) et en arrière-plan (B1, B2, B3, B4) dans la configuration EEG. F1 et F2 étaient composés d'un locuteur et d'une locutrice lisant des extraits d'un livre audio, chacun à 73 dB SPL. Chaque son en arrière-plan était constitué d'un brouhaha à 4 locuteurs et le niveau général du bruit de fond était de 70 dB SPL.

respectivement, les réponses EEG précoces et tardives. Ng et Man (2019) se sont uniquement intéressés aux réponses tardives (concentration) relatives au locuteur ciblé (choix entre F1 et F2 dans la Figure 2), au locuteur secondaire (F2 ou F1) et au bruit de fond (B1 + B2 + B3 + B4). Ici, nous avons également analysés les réponses précoces (concentration) relatives à la scène sonore intégrale (F1 + F2 + B1 + B2 + B3 + B4) et aux sons en premier plan (F1 + F2). Au cours du stade d'orientation, ces deux composants du traitement cérébral sont critiques puisqu'ils fournissent les détails nécessaires pour permettre ensuite au stade de concentration de traiter l'interlocuteur ciblé et l'interlocuteur secondaire.

Les principaux résultats de l'étude sont présentés dans la Figure 3. Nous pouvons commencer par analyser les deux stades de façon individuelle :

Réponses EEG précoces - Orientation : La scène sonore intégrale fait référence à la combinaison de tous les objets dans l'environnement. Le premier plan, quant à lui, fait référence à la combinaison des deux locuteurs possibles auxquels la personne qui écoute peut prêter attention. Ces deux aspects sont essentiels pour l'expérience d'écoute puisque le premier contribue à la conscience de l'environnement et le deuxième affecte la capacité à porter l'attention sur autre chose. Dans la Figure 3, on peut voir que la capacité du cerveau à suivre les objets dans la scène sonore intégrale, mesurée par

l'intensité des réponses EEG précoces, connaît une amélioration de 60 % avec MSI activé par rapport à désactivé ($p < 0,001$). Par ailleurs, MSI dans More offre également une amélioration de 30 % de l'accès à la scène sonore intégrale par rapport à OSN dans Opn S ($p = 0,011$). Au premier plan, l'activation de MSI améliore le suivi du cerveau des 2 locuteurs combinés, respectivement de 45 % et de 20 %, par rapport à MSI désactivé et OSN activé ($p < 0,05$).

Réponses EEG tardives - Concentration : À ce stade plus avancé, la personne qui écoute doit pouvoir prêter une attention sélective au locuteur ciblé au cours de la communication, tout en maintenant un niveau bas mais acceptable de suivi du locuteur secondaire pour pouvoir déplacer son attention. Cela a été démontré avec MSI pour le locuteur ciblé, l'intensité de son suivi au cours des réponses EEG tardives a été améliorée de 5 % avec MSI activé par rapport à MSI désactivé et OSN activé ($p < 0,05$). Pour le locuteur secondaire, MSI a amélioré le suivi de 30 % par rapport à MSI désactivé ($p < 0,05$).

En résumé, ces résultats ont prouvé que MSI améliore la capacité du cerveau à suivre les différents objets présents dans l'environnement de l'utilisateur. Cela a été démontré au cours des deux étapes critiques soutenant la perception des sons par le cerveau - **l'orientation et la concentration**.

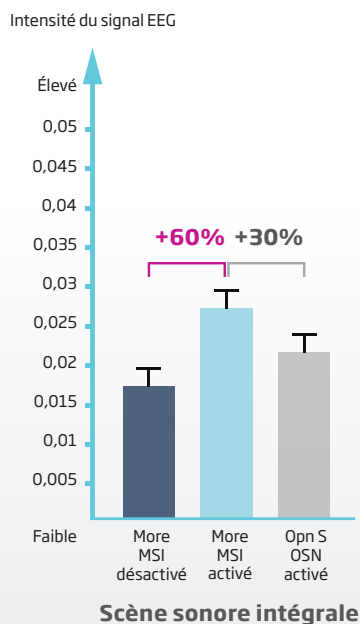


Figure 3. Intensité des réponses EEG à la scène sonore intégrale (stade d'orientation A dans la Figure 1). Barres d'erreur présentant l'erreur standard de la moyenne.

Capacité à comprendre la parole ciblée

Les améliorations constatées ci-dessus, relatives à la représentation cérébrale de la parole avec Oticon More, se reflètent-elles également sur la performance comportementale des utilisateurs dans les situations à plusieurs locuteurs ? Pour le tester, nous avons mesuré la capacité des utilisateurs à comprendre un locuteur ciblé en présence de deux locuteurs en concurrence, à l'aide d'une adaptation du test des chiffres en concurrence développé par Best et al. (2018). Comme pour l'expérience EEG décrite ci-dessus, ce test utilise une tâche de parole superposée qui exige de porter sélectivement l'attention sur l'une des différentes sources de parole simultanées.

Trente-quatre utilisateurs expérimentés d'aides auditives (âge moyen : 63 ans), présentant tous des pertes auditives neurosensorielles stables, bilatérales, légères à modérément sévères (plage de la moyenne des sons purs (PTA) sur 4 fréquences : 19-68 dB HL, moyenne : 40,3 dB HL), ont participé à l'expérience. Ils étaient assis au centre d'une série de haut-parleurs et devaient écouter trois séquences de chiffres simultanées dites par différentes locutrices situées à -30°, 0°, et +30°, à un niveau de 65 dB SPL. Chaque séquence comprenait quatre chiffres par essai et un indice acoustique de localisation, dit par une voix masculine à 0° juste avant le premier chiffre, indiquant la locutrice sur laquelle se

concentrer (« gauche », « centre » ou « droite »). La tâche des participants était de répéter uniquement les quatre chiffres dits par la locutrice ciblée et d'ignorer les chiffres dits par les locutrices en concurrence. La tâche était réalisée dans un environnement complexe, avec un brouhaha à 4 locuteurs diffusé à partir de trois haut-parleurs à -100°, 180°, et +100° et avec un niveau global de 70 dB SPL, et dans un environnement simple sans bruit de fond. Chaque participant a réalisé la tâche avec des aides auditives Opn S et More adaptées en utilisant la méthodologie DVO+ et l'ordre des conditions de test était aléatoire.

La Figure 4 montre le pourcentage de chiffres correctement identifiés pour le locuteur ciblé dans l'environnement de test complexe. Pour Oticon More, les résultats montrent une reconnaissance significativement plus élevée des chiffres ciblés avec MSI actif par rapport à MSI inactif ($p < 0,001$), correspondant à une amélioration relative de 15 %. La performance avec Oticon More et MSI activé était également significativement plus élevée qu'avec Opn S et OSN activé, de 5 % en moyenne ($p = 0,014$). Ces résultats comportementaux sont conformes aux résultats EEG évoqués ci-dessus qui montrent une amélioration de la représentation cérébrale du locuteur ciblé pour MSI activé vs désactivé et pour More vs Opn S avec MSI et OSN respectivement activés.

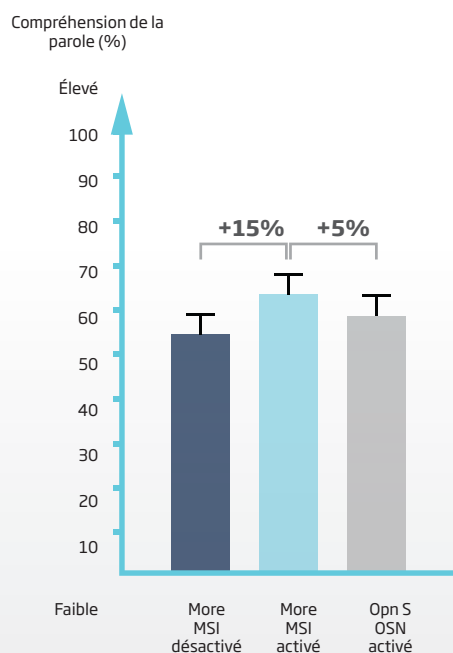


Figure 4. Capacité à comprendre le locuteur ciblé dans un environnement complexe à plusieurs locuteurs pour More et Opn S. Barres d'erreur présentant l'erreur standard de la moyenne.

Dans l'environnement de test simple sans bruit de fond, la performance globale était plus élevée que dans l'environnement complexe mais elle restait significativement plus élevée pour More que pour Opn S, de 5 % en moyenne ($p < 0,05$). Ces améliorations indiquent que, dans les situations de parole superposée, l'association de la résolution augmentée à 24 canaux de la plateforme Polaris, l'action de MoreSound Amplifier (MSA) et la nouvelle Oreille externe virtuelle de More offre également un avantage pour les utilisateurs dans les environnements simples.

Ensemble, ces conclusions montrent qu'Oticon More améliore la capacité des utilisateurs à comprendre le locuteur ciblé dans les environnements simples et complexes.

Compréhension de la parole dans le bruit

Pour étudier les améliorations en termes de compréhension de la parole d'Oticon More, une étude a été réalisée à Copenhague, au Danemark. Dix-huit participants présentant une perte auditive dans la plage de niveau de locuteur de 85 dB ont été recrutés, avec un âge moyen de 68,5 ans (de 52 à 77 ans). Les participants ont été recrutés pour réaliser le test danois standardisé d'intelligibilité de la parole dans le bruit, Dantale II (Wagener et al., 2003). Le but de ce test était de mesurer la reconnaissance de la parole avec Opn S et More, en comparant les paramètres d'adaptation par défaut et les paramètres d'adaptation personnalisés. Les

premières conditions par défaut correspondaient au profil prescrit par défaut pour OSN versus le profil par défaut pour MSI. Les deux autres conditions correspondaient aux adaptations personnalisées fournissant plus ou moins d'aide pour les fonctions OSN et MSI dans les environnements sonores complexes. De cette façon, des preuves ont été réunies pour la situation d'adaptation la plus standard pour les utilisateurs d'aides auditives, ainsi que pour les cas nécessitant des paramètres plus complexes et personnalisés.

Lors du test, des phrases de la matrice en danois étaient présentées par une locutrice vers l'avant (0°) tandis que des signaux masqueurs composés d'un Signal vocal international de test (22°) et de trois signaux non modulés ($\pm 112^\circ$ et 180°) étaient présentés simultanément. Le test a été réalisé de façon adaptative jusqu'à atteindre un seuil de reconnaissance de la parole (SRT) correct à 70 %. La parole était initialement présentée à 72 dB SPL et les masqueurs à 67 dB SPL.

Les résultats sont illustrés dans la Figure 5. Ils ont montré une différence significative pour toutes les conditions, avec Oticon More améliorant significativement le SRT pour les participants. Pour les deux paramètres par défaut, les différences de SRT moyennes entre More et Opn S étaient de 1,2 dB ($p < 0,001$) ; pour le premier paramètre personnalisé, la différence était de 1,5 dB ($p < 0,001$) ; pour le second paramètre personnalisé, la différence était de 0,7 dB ($p < 0,04$).

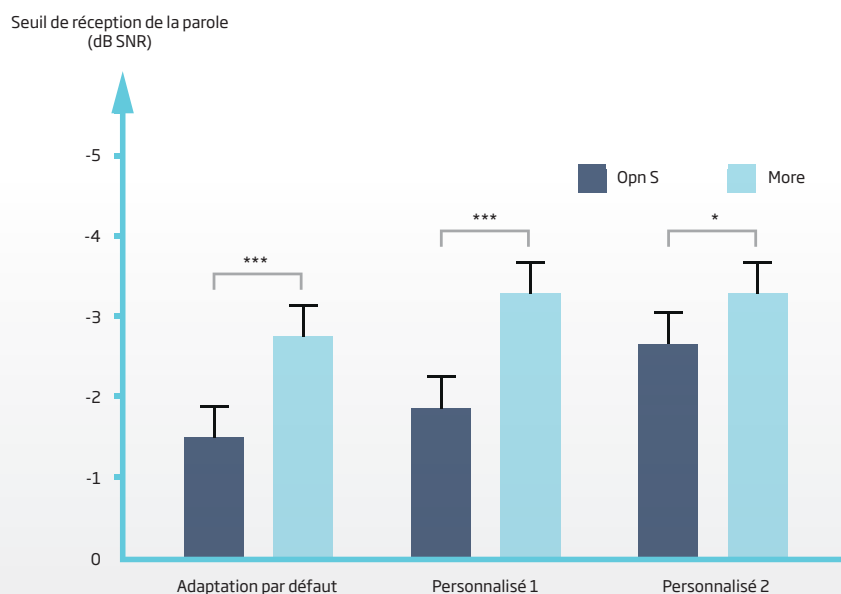


Figure 5. Seuils de réception de la parole (dB SNR) pour More et Opn S pour les paramètres d'adaptation par défaut et deux paramètres personnalisés dans les environnements complexes. Barres d'erreur présentant l'erreur standard de la moyenne.

Les SRT en dB de rapport signal/bruit (SNR) peuvent être convertis en pourcentage de compréhension de la parole en ajustant les données à une fonction psychométrique. Selon Wagener et al. (2003), la pente pour les personnes malentendantes au test Dantale II est de 13,2 %/dB, mais cette norme est basée sur un SRT de 50 %, alors que ce test a été réalisé à 70 %. Pour prendre en compte cette différence, ainsi que les variations mineures relatives au type de bruit utilisé dans ce test par rapport à la référence, une pente de 12 %/dB a été sélectionnée pour veiller à ce que la conversion soit écologiquement fiable. Avec cette pente, Oticon More a présenté une amélioration de 15 % de la compréhension de la parole par rapport à Opn S pour le paramètre par défaut le plus couramment prescrit dans les centres auditifs. Pour le premier paramètre personnalisé, Oticon More a présenté une amélioration de 8 % par rapport à Opn S, et pour le deuxième paramètre personnalisé, une amélioration encore plus importante de la compréhension de la parole - 18 % - qui montre que les paramètres fournis par la fonction MSI permettent d'offrir une compréhension encore meilleure de la parole dans les environnements sonores complexes.

Rappel

Nous avons démontré à plusieurs reprises que notre technologie BrainHearing™ libère des ressources cognitives et facilite le traitement cognitif de la parole. Cela peut être mis en évidence par un test de rappel, connu

sous le nom de SWIR (Ng et al., 2013). Dans nos précédents rapports, nous avons démontré une amélioration de la performance de rappel avec Oticon Opn (Le Goff et al., 2016), Opn S (Juul Jensen, 2019), et Xceed (Ng & Skagerstrand, 2019), même lorsque la parole est hautement intelligible. Dans cette étude, nous avons cherché à déterminer si More pouvait induire une meilleure performance de rappel qu'Opn S.

Vingt-huit participants atteints de perte auditive légère à modérée (avec une PTA moyenne sur 4 fréquences de 48,5 dB HL et un âge moyen de 58,8 ans) ont été recrutés. La configuration du test SWIR utilisée dans cette étude était similaire à celle de nos études précédentes, avec une parole cible provenant de l'avant et du bruit provenant du fond. Veuillez vous reporter aux précédents livres blancs pour plus de détails. Les phrases cibles du test étaient issues du test auditif dans le bruit danois (Nielsen & Dau, 2011). Lors du test, les participants devaient 1) répéter le dernier mot après avoir écouté chaque phrase, et après avoir écouté une liste de sept phrases, 2) restituer, dans n'importe quel ordre, autant de derniers mots de la liste que possible. Le bruit de fond, fixé à 70 dB SPL, était constitué d'un brouhaha à 16 locuteurs construit par du bruit provenant de quatre haut-parleurs, chacun présentant un brouhaha à 4 locuteurs. Le niveau de présentation était individualisé pour chaque participant et équivalent à 95 % d'intelligibilité de la parole avec Opn S (le niveau de présentation moyen était de +7,0 dB SNR).

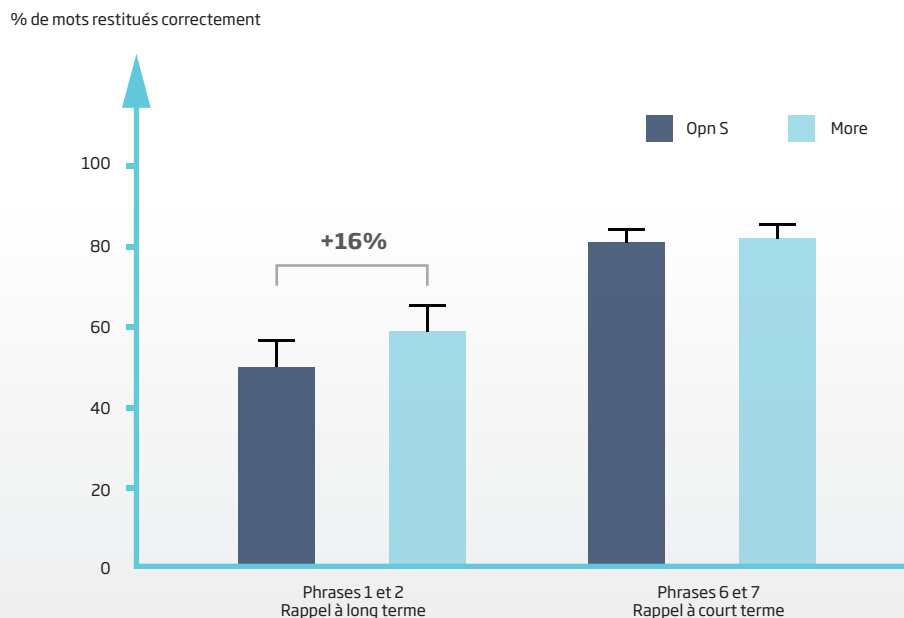


Figure 6. Résultats du rappel à long terme et à court terme pour Opn S et More. Barres d'erreur présentant l'erreur standard de la moyenne.

Le rappel à long terme (rappel pour les derniers mots des phrases 1 et 2) et le rappel à court terme (rappel pour les derniers mots des phrases 6 et 7) ont été analysés. Dans l'ensemble, More a permis un meilleur rappel à long terme par rapport à Opn S ($p < 0,05$; voir Figure 6). Cela correspond approximativement à une amélioration de 16 % du rappel à long terme. Un meilleur rappel pour la mémoire à long terme est associé à davantage de ressources cognitives disponibles pour mieux encoder la parole dans la mémoire. Aucune différence n'a été observée en termes de rappel à court terme entre More et Opn S.

Ces dernières années, le nombre d'études s'intéressant au sujet de l'effort d'écoute a considérablement augmenté. Dans les travaux publiés, l'effort d'écoute peut être mesuré par le biais de la neuro-imagerie fonctionnelle (EEG), mis en évidence par des réponses physiologiques en dehors du cerveau (pupillométrie), et il entraîne fréquemment des différences mesurables en termes de performance comportementale (rappel) - voir Peelle (2018) pour une revue. Nos résultats montrent que More libère plus de ressources cognitives et améliore ainsi la performance de rappel, ce qui peut être interprété comme une réduction de l'effort d'écoute de More par rapport à Opn S.

Conclusion

Les études abordées ci-dessus fournissent des preuves pour les avantages BrainHearing suivants d'Oticon More :

- La scène sonore intégrale est 60 % plus claire lorsqu'elle entre dans le cerveau avec MoreSound Intelligence, une amélioration de 30 % par rapport à Oticon Opn S.
- Le premier plan transmis du sous-système d'orientation au sous-système de concentration dans le centre de l'audition du cerveau est plus clair.
- Les sons ciblés et les sons secondaires intéressants sont plus forts dans le sous-système de concentration, ce qui facilite la concentration et fournit une meilleure base pour porter l'attention sur autre chose.
- Dans les situations à plusieurs locuteurs, la compréhension de la parole du locuteur ciblé est améliorée dans les environnements complexes et simples.
- La compréhension de la parole dans le bruit est améliorée de 15 % par rapport à Opn S.
- Oticon More permet un meilleur rappel pour la mémoire à long terme qu'Opn S, ce qui indique un effort d'écoute réduit pour l'utilisateur.

Références

1. 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*, 14, 846.
2. Alickovic, E., H. N. Ng, E., Fiedler, L., Santurette, S., Innes-Brown, H., & Graversen, C. (2021). Effects of hearing aid noise reduction on early and late cortical representations of competing talkers in noise. *Frontiers in Neuroscience*, under revision.
3. Best, V., Swaminathan, J., Kopčo, N., Roverud, E., & Shinn-Cunningham, B. (2018). A "Buildup" of Speech Intelligibility in Listeners With Normal Hearing and Hearing Loss. *Trends in Hearing*, 22, 2331216518807519.
4. Brændgaard, M. (2020a). MoreSound Intelligence™. Document technique Oticon.
5. Brændgaard, M. (2020b). La plateforme Polaris. Document technique Oticon.
6. Hausfeld, L., Riecke, L., Valente, G., & Formisano, E. (2018). Cortical tracking of multiple streams outside the focus of attention in naturalistic auditory scenes. *NeuroImage*, 181, 617-626.
7. Juul Jensen, J. (2019). Preuves cliniques Oticon Opn S. Livre blanc Oticon.
8. Man K. L., B., & H. N. Ng, E. (2020). BrainHearing™ - La nouvelle perspective. Livre blanc Oticon.
9. Meyer, C., Grenness, C., Scarinci, N., & Hickson, L. (2016). What is the international classification of functioning, disability and health and why is it relevant to audiology? In *Seminars in Hearing* (Vol. 37, No. 03, pp. 163-186). Thieme Medical Publishers.
10. Le Goff, N., Wendt, D., Lunner, T., & Ng, E. (2016). Preuves cliniques Opn. Livre blanc Oticon.
11. Lesica, N. A. (2018). Why do hearing aids fail to restore normal auditory perception? *Trends in Neurosciences*, 41(4), 174-185.
12. Ng, E. H. N., Rudner, M., Lunner, T., Pedersen, M. S., & Rönnerberg, J. (2013). Effects of noise and working memory capacity on memory processing of speech for hearing-aid users. *International Journal of Audiology*, 52(7), 433-441.
13. Ng, E. H. N., & Man K. L., B. (2019). Améliorer l'attention sélective : Nouvelles preuves relatives à Oticon Opn S™. Livre blanc Oticon.
14. Ng, E. H. N., & Skagerstrand, Å. (2019). Preuves cliniques Oticon Xceed™. Livre blanc Oticon.
15. Nielsen, J. B., & Dau, T. (2011). The Danish hearing in noise test. *International Journal of Audiology*, 50(3), 202-208.
16. Peelle, J. E. (2018). Listening effort: How the cognitive consequences of acoustic challenge are reflected in brain and behavior. *Ear and Hearing*, 39(2), 204.
17. O'Sullivan, J., Herrero, J., Smith, E., Schevon, C., McKhann, G. M., Sheth, S. A., ... & Mesgarani, N. (2019). Hierarchical Encoding of Attended Auditory Objects in Multi-talker Speech Perception. *Neuron*, 104(6), 1195-1209.
18. Pichora-Fuller, M. K., Alain, C., & Schneider, B. A. (2017). Older adults at the cocktail party. In *The auditory system at the cocktail party* (pp. 227-259). Springer, Cham.
19. Puvvada, K. C., & Simon, J. Z. (2017). Cortical representations of speech in a multitalker auditory scene. *Journal of Neuroscience*, 37(38), 9189-9196.
20. Rönnerberg, J., Lunner, T., Zekveld, A., Sörqvist, P., Danielsson, H., Lyxell, B., ... & Rudner, M. (2013). The Ease of Language Understanding (ELU) model: theoretical, empirical, and clinical advances. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7, 31.
21. Santurette, S., & Behrens, T. (2020). L'audiologie d'Oticon More. Livre blanc Oticon.
22. Shinn-Cunningham, B. G., & Best, V. (2008). Selective attention in normal and impaired hearing. *Trends in Amplification*, 12(4), 283-299.
23. Wagener, K., Josvassen, J. L., & Ardenkjær, R. (2003) Design, optimization and evaluation of a Danish sentence test in noise: Diseño, optimización y evaluación de la prueba Danesa de frases en ruido, *International Journal of Audiology*, 42:1, 10-17.

