

Oticon Intent™ - Données cliniques

Bénéfices de la technologie de capteurs 4D dans le contexte du BrainHearing™ ?

RÉSUMÉ

Grâce à l'introduction de la nouvelle technologie innovante 4D Sensor, Oticon Intent est désormais en mesure de comprendre les intentions d'écoute des utilisateurs dans n'importe quelle situation. Les mouvements de la tête et du corps, les conversations à proximité de l'utilisateur, ainsi que la complexité acoustique de la scène sonore, sont tous analysés en permanence afin de prédire l'intention d'écoute de l'utilisateur et de guider le système d'aide à l'écoute.

Ce livre blanc passe en revue les bénéfices pour l'utilisateur d'Oticon Intent, retraçant le trajet du système auditif, de l'oreille au cerveau. Pour commencer, une étude technique a révélé qu'alors que la technologie traditionnelle ne peut offrir qu'un niveau fixe d'assistance dans un environnement sonore donné, Oticon Intent est capable d'offrir une plage d'adaptation de 5 dB de cette assistance en fonction de l'intention d'écoute de l'utilisateur et de fournir 35 % d'accès en plus aux indices de parole qu'Oticon Real. Une première étude clinique a démontré que cette adaptation de l'aide en fonction de l'intention se reflétait dans le cerveau. Les résultats de cette étude d'imagerie cérébrale ont révélé que la technologie 4D Sensor aide les utilisateurs à équilibrer leur attention sur les sources sonores qu'ils ont l'intention d'écouter. Par ailleurs, la compréhension de la parole a été évaluée dans le cadre d'un scénario de simulation de cocktail avec quatre locuteurs différents placés à différents endroits dans le périmètre de l'utilisateur. L'activation de la technologie de capteurs 4D dans Oticon Intent a permis d'améliorer de 15 % la compréhension de la parole. La compréhension de la parole a également été mesurée au cours d'une conversation de groupe et il a été confirmé qu'Oticon Intent doté de la technologie 4D Sensor offre une compréhension tout aussi bonne de la parole provenant des côtés que de l'avant de l'utilisateur. Enfin, la qualité sonore et le confort ont été évalués et ceci a démontré que les utilisateurs préféraient Oticon Intent doté du nouveau RNP 2.0 à Oticon Real dans un large éventail de situations d'écoute du quotidien.

Dans l'ensemble, les conclusions de ce livre blanc démontrent à quel point Oticon Intent, grâce à la technologie de capteurs 4D, peut apporter une assistance personnalisée en fonction des intentions d'écoute de l'utilisateur dans n'importe quelle situation. Profiter à chaque instant d'une assistance personnalisée signifie que les utilisateurs sont plus à même de s'engager dans des conversations et dans la vie.

- 01 Résumé
- 02 Oticon Intent doté de la technologie de capteurs 4D
- 03 Traitement du son par le cerveau : un modèle BrainHearing actualisé
- 05 Audition : adaptation du niveau de soutien évaluée par des mesures techniques
- 05 Ecoute : les intentions d'écoute sont reflétées dans le cerveau (étude clinique 1)
- 07 Reconnaissance et réaction : compréhension de la parole dans un environnement sonore complexe (étude clinique 2)
- 08 Reconnaissance et réaction : accès égal à la parole frontale et latérale (étude clinique 3 - partie 1)
- 11 Évaluation subjective de la qualité du son (étude clinique 3 - partie 2)
- 12 Conclusions et répercussions cliniques

RÉDACTEURS DE L'ÉDITION

Federica Bianchi*, Kasper Eskelund*, Valentina Zapata-Rodríguez*,
Raul Sanchez Lopez et Pernille Aaby Gade du Centre de recherche en
audiologie appliquée d'Oticon A/S

* Paternité partagée des travaux

Oticon Intent doté de la technologie de capteurs 4D : prise en charge des besoins d'écoute différents au sein d'un même environnement

Lors de l'adaptation d'une aide auditive, l'audioprothésiste utilise toutes les informations disponibles sur la santé auditive de l'utilisateur, ainsi que son jugement professionnel, pour définir les paramètres initiaux de l'aide auditive, afin de répondre au mieux aux besoins de l'utilisateur dans des situations typiquement difficiles. Après l'adaptation, lorsque l'utilisateur passe d'une

situation sonore à l'autre, l'aide auditive adapte le niveau d'assistance aux variations de l'environnement acoustique. Ainsi, les aides auditives traditionnelles adaptent leur soutien uniquement sur la base d'une analyse acoustique de l'environnement sans nécessairement tenir compte des besoins de l'utilisateur. Par conséquent, des utilisateurs d'aides auditives ayant une perte auditive similaire, équipés de la même aide auditive et des mêmes réglages recevront le même niveau d'aide dans un environnement sonore avec un niveau donné de complexité acoustique (figure 1A).

Niveau d'assistance dans un environnement bruyant :

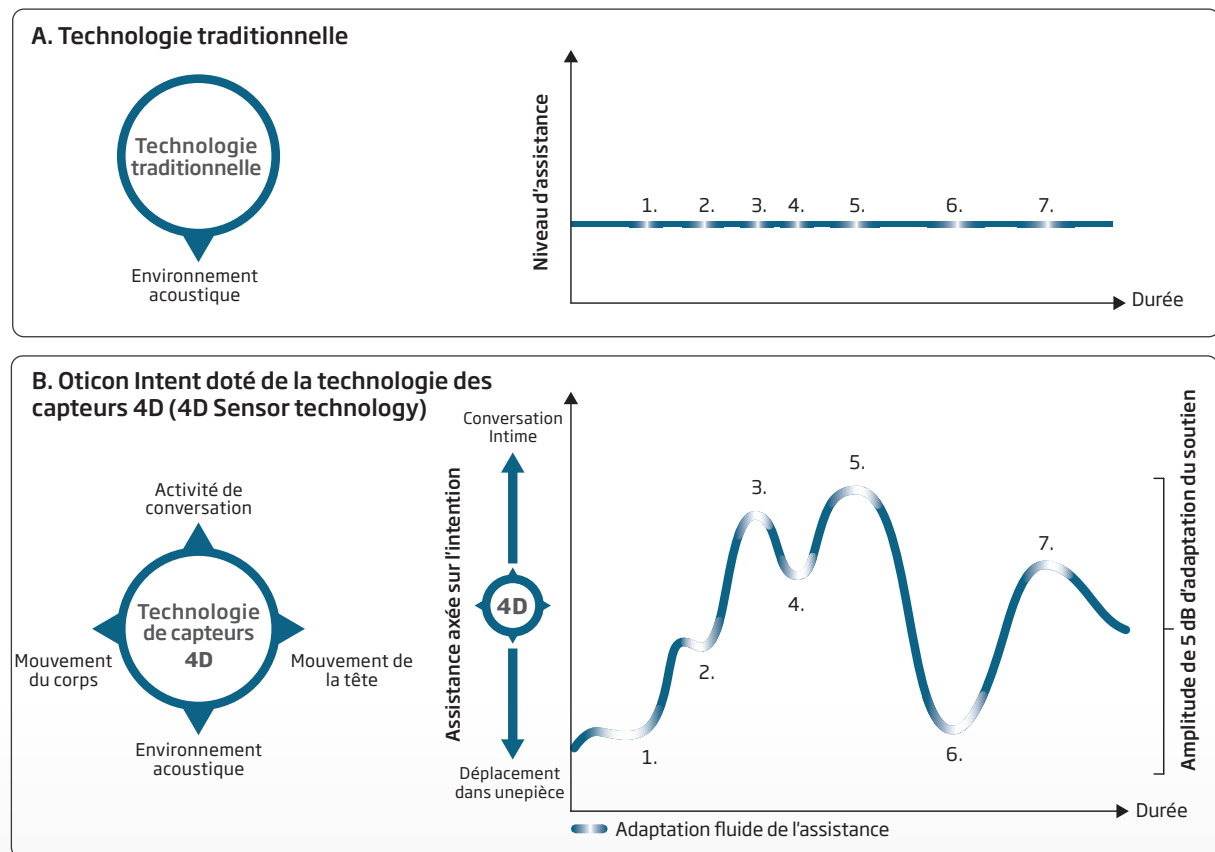


Figure 1 : Illustration du niveau d'assistance qu'un utilisateur d'aides auditives recevra dans un environnement bruyant donné. A. Le niveau d'assistance offert par la technologie traditionnelle est basé sur une analyse acoustique de l'environnement sonore et restera donc fixe pour un environnement sonore donné - que l'utilisateur se déplace dans l'environnement (point 1) ou qu'il soit en train d'avoir une conversation intime (point 5). B. Le niveau d'assistance offert par Oticon Intent avec technologie de capteurs 4D est basé sur des informations provenant de quatre dimensions (mouvements de la tête, mouvements du corps, activité de conversation, analyse de l'environnement sonore) et il s'adapte donc en fonction de l'intention d'écoute de l'auditeur dans une situation donnée. Que l'utilisateur soit en train de se déplacer dans la pièce et ait besoin d'une plus grande conscience des sons environnants (points 1 et 6) ou qu'il soit engagé dans une conversation intime (points 3 et 5), Oticon Intent offre le niveau d'aide approprié, avec une plage d'adaptation de 5 dB dans un environnement bruyant donné (voir les mesures techniques présentées dans Brændgaard/Zapata-Rodríguez et al., 2024). Les sept points font référence aux différentes activités qu'une personne pourrait avoir lors d'un rassemblement : 1. Se déplacer dans une pièce ; 2. Conversation avec un groupe d'amis ; 3. Conversation intime ; 4. Tourner la tête vers quelqu'un qui le salue de l'autre côté de la pièce ; 5. Retourner à la conversation intime ; 6. Marcher vers le buffet ; 7. Échanger des plaisanteries avec d'autres convives au buffet.

Cependant, des utilisateurs peuvent avoir des intentions d'écoute différentes au sein du même environnement sonore. Dans un restaurant bondé, un client qui discute avec un ami peut être confronté à la même complexité acoustique qu'un serveur qui passe d'une table à l'autre, mais leurs besoins en matière d'écoute seront très différents. Alors que le client a surtout besoin de comprendre ce que dit son ami, le serveur pourrait profiter d'une conscience accrue de son environnement immédiat (par exemple, des clients assis aux différentes tables). De même, les besoins d'écoute des individus évoluent naturellement avec le temps dans un environnement acoustique donné. Dans de telles situations, les aides auditives traditionnelles apporteront exactement le même niveau d'assistance, non personnalisé en fonction des besoins d'écoute individuels des utilisateurs. En d'autres termes, les aides auditives traditionnelles ne répondent pas aux intentions d'écoute des utilisateurs.

Comment comprendre et détecter les intentions d'écoute ? Une étude récente a mis en évidence que les mouvements de la tête et du corps sont des éléments clés permettant de comprendre les intentions de communication (Higgins et al., 2023). Lorsque nous sommes engagés dans une conversation, nous avons tendance à orienter notre tête et notre corps vers notre interlocuteur (Hadley et al., 2019). À mesure que la complexité de l'environnement augmente, nous nous penchons vers l'avant, nous nous rapprochons ou nous tournons légèrement la tête sur le côté pour améliorer notre audition (Hadley et al., 2019, 2020). Lorsque nous nous adressons à un groupe de personnes, nous avons tendance à bouger davantage la tête, car nous passons d'une personne à l'autre (Hadley et al., 2020 ; Hadley and Culling, 2022). Lorsque nous sommes physiquement actifs, que nous marchons ou que nous courons, il est important d'être à l'écoute de notre environnement afin de nous déplacer en toute sécurité tout en appréciant le monde qui nous entoure. Les mouvements combinés de la tête et du corps, associés aux informations sur l'environnement acoustique et sur l'activité de conversation, nous renseignent de manière fantastique sur nos intentions d'interaction avec le monde qui nous entoure. Sachant cela, nous avons cherché à déterminer si nous pouvions fabriquer des aides auditives qui tiennent mieux compte des besoins des auditeurs en intégrant la façon dont ils se comportent naturellement en fonction des différentes situations d'écoute.

Pourrions-nous faire en sorte que les aides auditives réagissent à l'intention de l'utilisateur et lui apportent l'assistance dont il a besoin ?

Aujourd'hui, nous présentons Oticon Intent doté de la technologie 4D Sensor. Cette technologie innovante suit les mouvements de la tête, les mouvements du corps et l'activité de la conversation, en plus de l'analyse de l'environnement sonore, afin de comprendre l'intention d'écoute des utilisateurs et de guider le système d'aide à l'écoute (figure 1B).

Ce livre blanc passe en revue les bénéfices pour les utilisateurs d'Oticon Intent, tels que révélés par trois études cliniques sur des utilisateurs expérimentés d'aides auditives, ainsi que les résultats d'une étude technique :

- **Étude technique** : quantifie l'adaptation de cette assistance avec Oticon Intent.
- **Étude Clinique 1** : évalue comment l'adaptation de l'assistance à l'intention d'écoute des utilisateurs équilibre l'attention de ces derniers à l'égard de leur environnement sonore.
- **Étude Clinique 2** : évalue la compréhension de la parole dans un environnement sonore complexe.
- **Étude Clinique 3** : évalue la compréhension de la parole dans une conversation de groupe et la qualité sonore.

Comment le cerveau traite le son : un modèle BrainHearing actualisé

L'une des conséquences graves de la perte auditive est la diminution de la capacité à diriger et à maintenir son attention dans le bruit, ce qui fait que les personnes souffrant d'une déficience auditive sont davantage dérangées par des sons parasites en arrière-plan (Shinn-Cunningham & Best, 2008). La technologie actuelle ne permet de restaurer que partiellement la capacité à se concentrer dans le bruit, car elle paramètre le niveau de soutien (de traitement de signal dans le bruit) en fonction de la complexité acoustique de l'environnement et non des intentions d'écoute de l'utilisateur. Mais comment le cerveau traite-t-il les sons qui nous entourent et comment concentre-t-il sélectivement son attention sur les sons que nous avons l'intention d'écouter ?

Lorsqu'il traite les sons, notre cerveau les hiérarchise (O'Sullivan et al, 2019 ; Puvvada & Simon, 2017). Tous les sons d'un environnement donné atteignent l'oreille externe et la cochlée. Ces étapes périphériques de la voie auditive sont dénommées **Audition** dans la figure 2.

Les sons sont transformés en **code neural** qui atteint le cortex auditif dans le cerveau après avoir traversé le nerf auditif et le tronc cérébral. Dans le cortex auditif, ces codes neuronaux sont traduits en objets auditifs significatifs, que les sous-systèmes d'**Orientation** et d'**Attention** (c'est-à-dire le **centre d'Écoute**) pourront traiter ultérieurement (voir Man & Ng, 2020).

Le sous-système d'Orientation : le sous-système d'Orientation s'appuie sur la réception d'un bon code neural pour créer une vue d'ensemble de tous les objets auditifs, quelle que soit leur nature et leur direction, afin de créer une perspective complète de l'environnement sonore.

Le sous-système d'Attention : Le sous-système d'Attention permet de sélectionner les sons à écouter et auxquels prêter attention, tandis que les sons non pertinents sont repoussés en arrière-plan.

Après avoir écouté le son qui nous intéresse, le cerveau a besoin d'en extraire le sens et de nous permettre de comprendre ce qui est dit (**Reconnaissance**) et puis de réagir. « **Réaction** » fait référence à une variété de processus tels que la planification, la vérification, l'évaluation et le raisonnement - qui guident l'attention et l'action en fonction des objectifs ou des intentions d'un individu (Miller & Cohen 2001 ; Lemke and Besser, 2016). En d'autres termes, les **intentions d'écoute** peuvent orienter le sous-système d'Attention, c'est-à-dire ce sur quoi nous voulons nous concentrer (Figure 2). Ce type de traitement contrôlé est essentiel pour rester concentré et permettre la souplesse de s'adapter aux variations de circonstances.

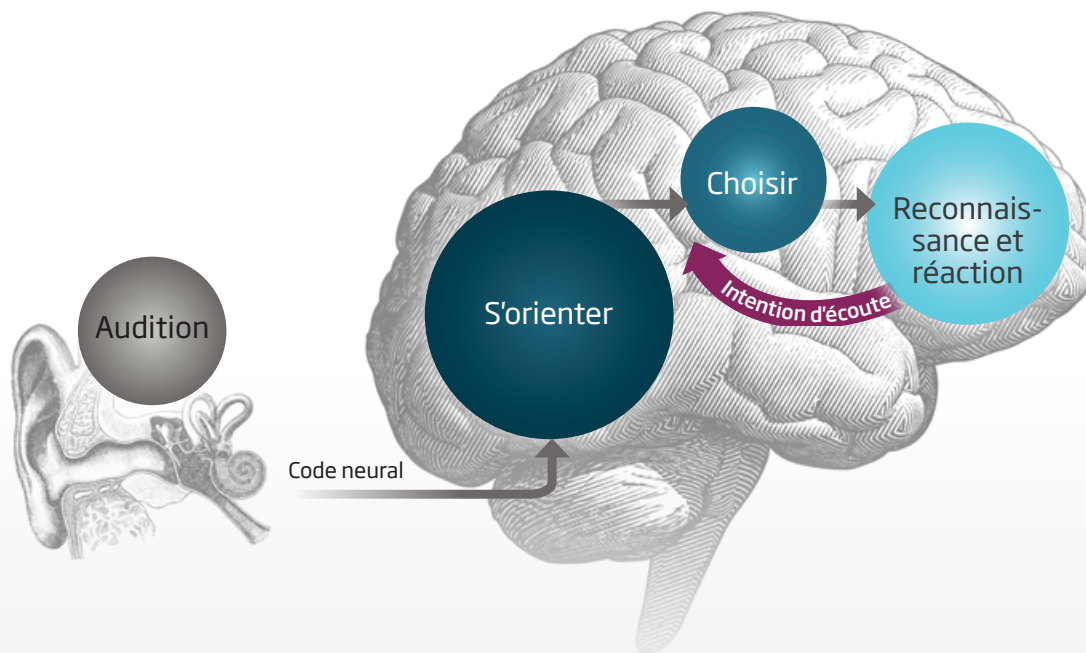


Figure 2 : Illustration du traitement et de l'interprétation des sons de l'oreille au cerveau (mise à jour de Man & Ng, 2020).

Après avoir Entendu, Écouté, Reconnu et Réagi, il convient de s'interroger sur la manière dont la communication entre en jeu. Kiessling et al. (2003) ont défini quatre niveaux fonctionnels de communication verbale : Entendre, Écouter, Comprendre et Communiquer. Notre modèle BrainHearing comprend les trois premiers niveaux du modèle de Kiessling et al. La Reconnaissance fait référence à la fois à la Compréhension de la parole (c'est-à-dire la capacité d'identifier et de répéter des mots et des phrases) et à l'Intégration de la parole (qui englobe un niveau de traitement plus élevé, par exemple le traitement sémantique, l'interprétation contextuelle, la réception de l'intention). Selon Kiessling et al. (2003), la communication verbale exige que deux personnes ou plus engagées dans une conversation soient capables d'Entendre, d'Écouter et de Comprendre/Intégrer. Outre ces étapes nécessaires, une communication réussie dépend également d'autres facteurs, identifiés par Nicoras et al. (2022). Plus important encore, la communication dépend de (1) La possibilité d'écouter facilement; (2) Être sollicité d'une manière constructive; (3) Être engagé. C'est pourquoi il est essentiel de permettre au cerveau d'écouter avec aisance et engagement pour favoriser une communication réussie. En adaptant le niveau d'assistance en fonction des intentions d'écoute déduites, Oticon Intent peut venir en soutien de la capacité naturelle du cerveau à naviguer dans l'environnement et à se concentrer dans un environnement bruyant. Les données présentées dans ce livre blanc suivent le modèle BrainHearing de la figure 2. L'étude technique porte sur l'étape de "l'Audition" du système auditif périphérique, l'étude clinique 1 se réfère au "Sous-système d'Attention", les études cliniques 2 et 3 se réfèrent à l'étape de "Reconnaissance et réaction".

Audition : adaptation du niveau de soutien évaluée par des mesures techniques

Pour étudier l'adaptation de l'assistance apportée par Oticon Intent, nous avons mesuré l'amélioration du rapport signal/bruit (RSB) pour un environnement sonore donné à la sortie des aides auditives (Brændgaard/Zapata-Rodríguez et al., 2024). Cette mesure quantifie l'augmentation du contraste que l'aide auditive génère entre un son cible et les sons ambiants. Avec Oticon Real, les résultats montrent que l'amélioration du RSB est restée identique, indépendamment des changements d'intention des utilisateurs au fil du temps (figure 1A). Cependant, Oticon Intent a apporté une adaptation du niveau de traitement de signal, allant jusqu'à 5 dB, en fonction de l'intention de l'utilisateur (comme le montre la figure 1B). Des détails sur l'étude technique et la

procédure de mesure sont disponibles dans le livre blanc de Brændgaard/Zapata-Rodríguez et al.

En outre, un contraste supplémentaire de 5 dB entre la parole et le bruit a été mesuré dans Oticon Intent par rapport à Oticon Real - dont 3,5 dB résultent de la technologie 4D Sensor, tandis que 1,5 dB ont été attribués au nouveau Réseau Neuronal Profond intégré 2.0 (RNP 2.0) et à la nouvelle plateforme Sirius. Cette augmentation de 5 dB de RSB dans Oticon Intent correspond à une amélioration de 35 % de l'accès aux signaux de parole selon l'indice d'intelligibilité de la parole (ANSI S3.5, 1997). Cela illustre la puissance d'Oticon Intent, qui permet au final à l'utilisateur (trice) de profiter d'une parole plus claire et plus intelligible.

Écoute: les intentions d'écoute sont reflétées dans le cerveau (Étude clinique 1) Contexte

La technologie de pointe d'Oticon Intent est capable de fournir une aide audiolgogique en suivant l'intention d'écoute de l'utilisateur. Il est donc intéressant de déterminer comment cette technologie aide l'utilisateur à équilibrer l'attention allouée aux différents sons.

Comment pouvons-nous évaluer ceci ? Si la technologie des capteurs 4D permet une meilleure répartition de l'attention sur les sources sonores que l'utilisateur a l'intention d'écouter et de prendre en compte, cela sera observable dans les réponses neuronales induites par l'attention de l'utilisateur.

Dans une étude récente de Fiedler et al. (2023), un nouveau paradigme expérimental a été développé. Celui-ci a révélé la façon dont différents sons autour d'un auditeur - tels que la parole et les sons ambiants - captent l'attention et les ressources cérébrales qui y sont liées. L'étude a montré que les sons ambiants dominants, c'est-à-dire les sons significatifs pour l'auditeur, peuvent détourner l'attention de l'auditeur de la cible vocale dans une plus large mesure.

Pour ce faire, ils ont appliqué des méthodes de tracking cortical (voir Alickovic et al., 2019), susceptibles de mesurer la manière dont les signaux acoustiques continus, tels que la parole ou les sons ambiants, sont représentés sous forme d'activité neuronale dans le cerveau. L'étude indique que l'équilibre et la dynamique entre les cibles d'écoute prévues et les sons ambiants peuvent être observés au niveau des réponses neuronales qui, à leur tour, reflètent l'attention.

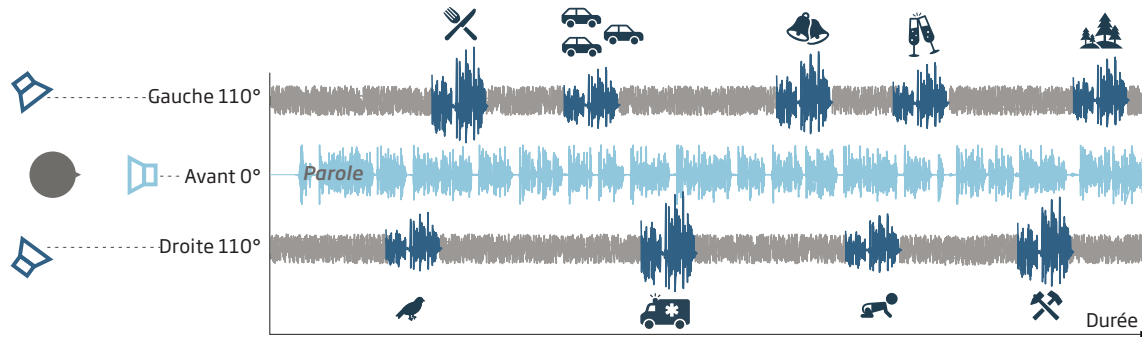


Figure 3 : Déroulement de la présentation du stimulus au cours d'un essai dans l'étude clinique 1, reproduisant le déroulement de l'essai dans l'étude de Fiedler et al. (2023). Parole en continu diffusée depuis un haut-parleur frontal. Un bruit stationnaire en forme de parole est diffusé par des haut-parleurs placés à 110 degrés sur les côtés gauche et droit. Additionnellement, les haut-parleurs arrière gauche et droit diffusent à intervalles aléatoires quelques sons brefs provenant, par exemple, d'activités domestiques, urbaines et sociales.

Méthode

Nous avons mené une étude d'écoute qui reproduit fidèlement la conception de Fiedler et al. (2023). Trente utilisateurs expérimentés d'aides auditives (âge moyen 70,5 ans, avec une fourchette de 42 à 84 ans ; perte auditive neurosensorielle symétrique, légère à modérée) écoutaient un signal vocal frontal continu (extraits journalistiques d'une minute à 65 dB SPL), tandis que

de courts échantillons de sons environnementaux quotidiens étaient diffusés sur les côtés et à l'arrière à des moments aléatoires. Simultanément, un bruit stationnaire sous la forme de paroles provenant des côtés et de l'arrière a été soumis à un RSB de 0 dB (voir Figure 3). Les sons ambiants relevaient de situations domestiques, sociales ou urbaines courantes : bruits de couverts, d'enfants qui jouent, d'outils, de voitures, etc.

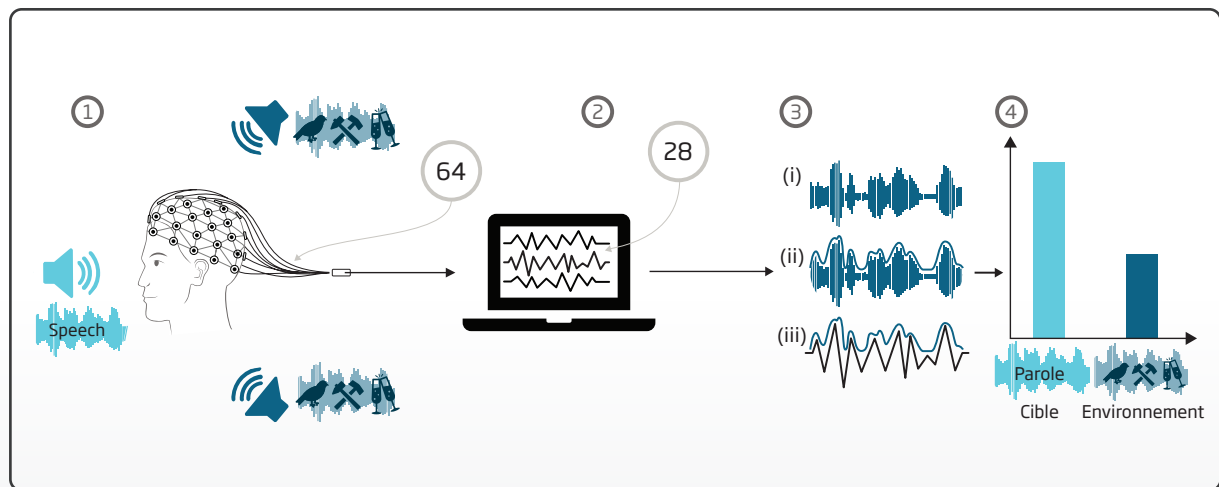


Figure 4 : Schéma de l'expérience de l'EEG. 1. On a demandé à 30 participants malentendants d'écouter un haut-parleur frontal présentant des extraits journalistiques d'une minute, tandis qu'une variété de sons ambiants courts étaient diffusés à intervalles aléatoires par des haut-parleurs placés à ± 110 degrés, combinés à un bruit stationnaire ressemblant à de la parole. L'EEG a été enregistré sur 64 canaux. 2. Les signaux EEG enregistrés ont été nettoyés pour éliminer les artefacts et traités hors ligne ; 28 électrodes frontocentrales ont été sélectionnées pour l'analyse. 3. La forme d'onde du stimulus des cibles vocales et des sons ambiants (i) a été utilisée pour extraire leurs enveloppes (ii), qui ont été mises en corrélation avec le signal EEG (iii). 4. Une fonction de transfert représentant la relation entre les enveloppes et les signaux EEG a été dérivée. L'attention se reflète dans le tracking cortical de l'un ou l'autre type de stimulus, qui est la corrélation entre l'EEG et un EEG prédictif basé sur la fonction de transfert.

Ces participants ont été équipés d'Oticon Intent sur la base de leurs audiogrammes individuels, en utilisant la méthodologie propriétaire VAC+. Les réponses neuronales ont été enregistrées par EEG de 64 électrodes (voir Figure 4). Les aides auditives ont été programmées pour réagir comme si les utilisateurs avaient l'intention d'adopter deux comportements de communication différents, dans le cadre d'une même situation d'écoute complexe : 1) déplacement dans une pièce, ou 2) conversation intime avec un seul interlocuteur. Ces deux intentions de la part des utilisateurs se répartissent sur un continuum lorsqu'il s'agit d'équilibrer la pertinence des sons dans l'environnement.

Résultats

Si l'intention d'un utilisateur d'aide auditive consiste à s'orienter dans un environnement sonore (par exemple, entrer et se déplacer dans une pièce), les sons ambiants deviennent plus pertinents et doivent faire l'objet d'une plus grande attention. En revanche, quand l'utilisateur(trice) est engagé(e) dans une conversation intime, les sons ambiants n'ont pas besoin de capter l'attention dans la même mesure ; même s'ils restent pertinents. Dans les deux cas, l'accès aux sons de ce qui est dit est tout aussi important. L'étude actuelle a démontré que c'est exactement de cette manière que les utilisateurs ont perçu l'environnement sonore en utilisant Oticon Intent. Comme indiqué à la figure 5A, le tracking cortical, et par conséquent la capture de l'attention, de la parole cible

étaient uniformes quelle que soit l'intention d'écoute, ce qui prouve que les auditeurs bénéficient du même excellent accès à la parole dans ces différents scénarios. La figure 5B montre que le tracking cortical d'autres sons présents dans l'environnement variait nettement d'un scénario à l'autre. Lorsque Oticon Intent fonctionnait sur le mode d'une conversation intime, le tracking cortical des autres sons était à son niveau le plus bas. Lorsque les utilisateurs se déplaçaient dans la scène, le tracking cortical de ces sons était au plus haut. Remarquez que les sons ambiants sont toujours suivis par des processus neuronaux, même lorsque l'utilisateur est pleinement engagé dans une conversation. Cela montre que les nouveaux sons de l'environnement continuent à attirer l'attention, même lors d'une conversation intime. Mais avec Oticon Intent il est possible d'ajuster le niveau d'attention accordé à ces sons, en fonction de l'intention d'écoute de l'utilisateur.

Cela indique qu'Oticon Intent ne se résume pas à adapter le traitement audiolgique en fonction de l'intention de l'utilisateur, comme le démontre l'étude technique, mais que la technologie de capteurs 4D est également capable de permettre au cerveau d'adapter l'utilisation des ressources cognitives en fonction de l'intention de l'utilisateur. Ainsi, l'intention d'écoute de l'utilisateur se reflète dans la concentration ou la capture de l'attention dans le cerveau.

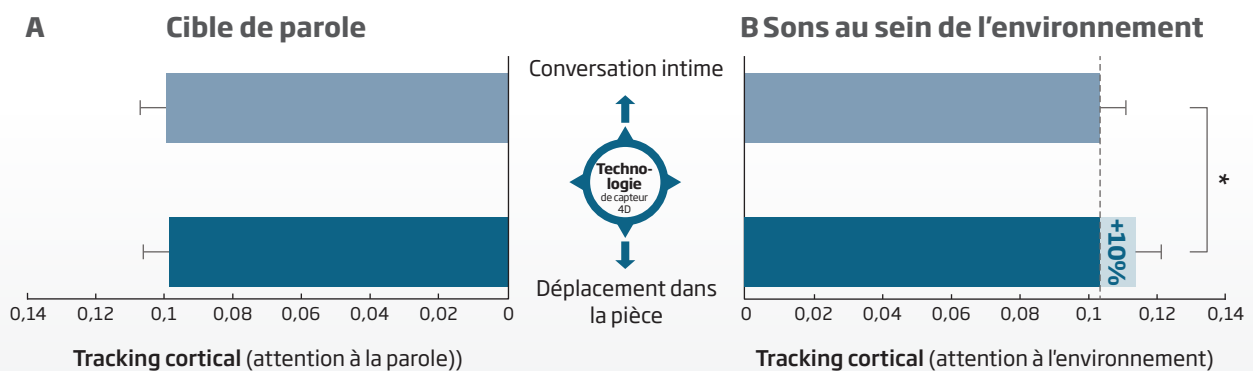


Figure 5 : Tracking cortical de la cible vocale (A) et des sons dans l'environnement (B), avec Oticon Intent simulant, respectivement, une aide audiolgique pour un utilisateur engagé dans une conversation intime ou dans une situation où l'utilisateur se déplace dans une pièce. Le tracking cortical des cibles vocales reste uniforme dans toutes les situations simulées. Cependant, le tracking cortical des sons dans l'environnement est 10 % plus élevé lorsque l'on simule le déplacement et la recherche dans une pièce par l'utilisateur que lorsque l'on simule une conversation intime ($p = 0,023$). Les différences significatives sont indiquées par un astérisque. (* $p < 0,05$). Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de la moyenne (SEM).

Reconnaissance et réaction : compréhension de la parole dans un environnement sonore complexe (Étude clinique 2)

Dans la vie réelle, les utilisateurs se déplacent entre différents environnements sonores et doivent s'orienter au sein d'un nouvel environnement avant de pouvoir se concentrer sur le locuteur qui les intéresse, pour comprendre ce qui se dit et entamer une conversation. Dans le but d'évaluer les bénéfices de la technologie 4D Sensor dans Oticon Intent, nous avons utilisé un nouveau paradigme de compréhension de la parole qui apporte un niveau de réalisme d'écoute plus avancé que ce qui était possible jusqu'à présent. Ahrens et Lund (2022) ont proposé un paradigme de test d'analyse de scènes audiovisuelles testé précédemment chez des personnes avec et sans perte auditive (Ahrens et al., 2022). Ce paradigme exploite la combinaison d'une simulation acoustique réaliste d'un environnement sonore et de l'utilisation de la réalité virtuelle. Dans ce test, les participants sont entourés de 15 avatars. Jusqu'à quatre des avatars peuvent parler simultanément en présence de bruit. À la différence des méthodes traditionnelles de test de la parole en milieu bruyant, dans lesquelles les participants restent immobiles, les participants à ce test peuvent bouger la tête pour localiser le locuteur cible. L'étude permet ainsi une expérience d'écoute beaucoup plus réaliste. Dans l'ensemble, l'environnement sonore et la tâche à accomplir ressemblent à un scénario très complexe d'une soirée de cocktail avec des interlocuteurs en concurrence les uns avec les autres.

Méthode

Trente utilisateurs expérimentés d'aides auditives (âge moyen 69,4 ans, intervalle 48-79 ; perte auditive neurosensorielle symétrique, légère à modérée) ont participé à une étude utilisant le paradigme ci-dessus à l'Université technique du Danemark. Les réglages de la technologie de capteurs 4D dans Oticon Genie 2 ayant été activés ou désactivés, tous les autres paramètres de MoreSound Intelligence 3.0 ont été laissés à leur valeur par défaut pour les deux conditions. Les différentes ambiances audiovisuelles virtuelles étaient composées de 15 avatars situés sur un plan horizontal dans un espace compris entre ± 105 degrés. À chaque essai, quatre histoires différentes ont été racontées simultanément par quatre avatars aléatoires à partir des 15 emplacements spatiaux possibles, tandis qu'un bruit stationnaire était diffusé par l'arrière à 60 dB SPL. Chaque orateur concurrent était également entendu à 60 dB SPL. Les participants devaient d'abord s'orienter dans l'environnement sonore et trouver l'avatar qui parlait d'un sujet donné. Ils devaient ensuite se concentrer sur l'avatar identifié pendant qu'un extrait journalistique de 30 secondes était diffusé à partir du même endroit. Les interlocuteurs concurrents et le bruit de fond ont perduré pendant toute la durée de l'essai. La compréhension de la parole a été testée en demandant aux participants de répondre à une question de type oui/non sur le contenu du flash d'informations.

Résultats

Les scores moyens de performance pour l'exercice de compréhension de la parole sont présentés dans la figure

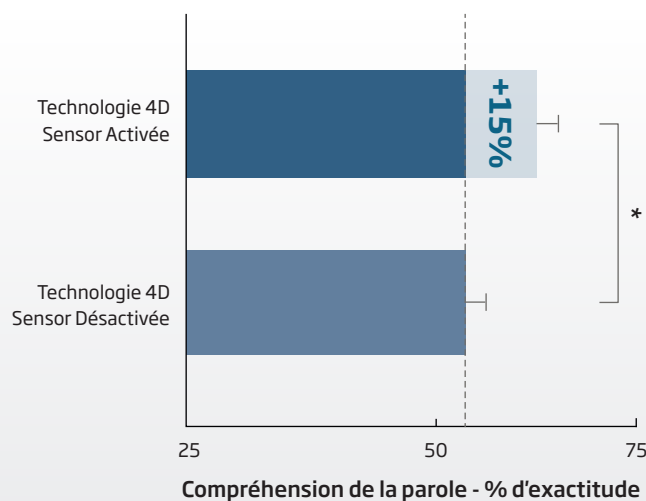


Figure 6 : Scores de compréhension vocale (pourcentage de réponses correctes), avec la technologie 4D Sensor activée ou désactivée. Les différences significatives sont indiquées par un astérisque. (* $p < 0,05$). Les barres d'erreur indiquent la SEM.

6. Les participants ont obtenu des scores de compréhension significativement plus élevés ($p = 0,036$) lorsque la technologie de capteurs 4D était activée, ce qui représentait une amélioration de 15 % par rapport à la technologie de capteurs 4D désactivée. Les résultats suggèrent que la technologie de capteurs 4D apporte un avantage supplémentaire dans les conversations individuelles tout en permettant à l'utilisateur de suivre et de comprendre les conversations sur une plus longue période dans des situations complexes de la vie réelle.

Reconnaissance et réaction : accès égal à la parole frontale et latérale (étude clinique 3-partie 1)

Une caractéristique remarquable du comportement humain en matière de communication est la capacité à participer à la dynamique en constante évolution des conversations de groupe animées, que ce soit sur le lieu

de travail ou lors d'une réunion de famille animée. Pour permettre aux utilisateurs de participer avec succès à de tels scénarios, nous avons testé la manière dont Oticon Intent aide les utilisateurs lorsque la cible d'écoute passe dynamiquement d'un locuteur à l'autre autour de l'utilisateur.

Pour ce faire, nous avons utilisé un nouveau test vocal allemand à interlocuteurs multiples, le test OLSA concomitant (CC-OLSA ; Heeren et al., 2022). Ce test évalue la reconnaissance vocale pendant que les participants sont engagés dans une conversation de groupe avec trois locuteurs. L'objectif principal de cette étude était d'explorer si Oticon Intent permet la compréhension de la parole de face ainsi que de côté, même en cas de conversation intime. L'étude a été réalisée dans un centre de recherche indépendant le Hörzentrum, à Oldenburg (Allemagne).

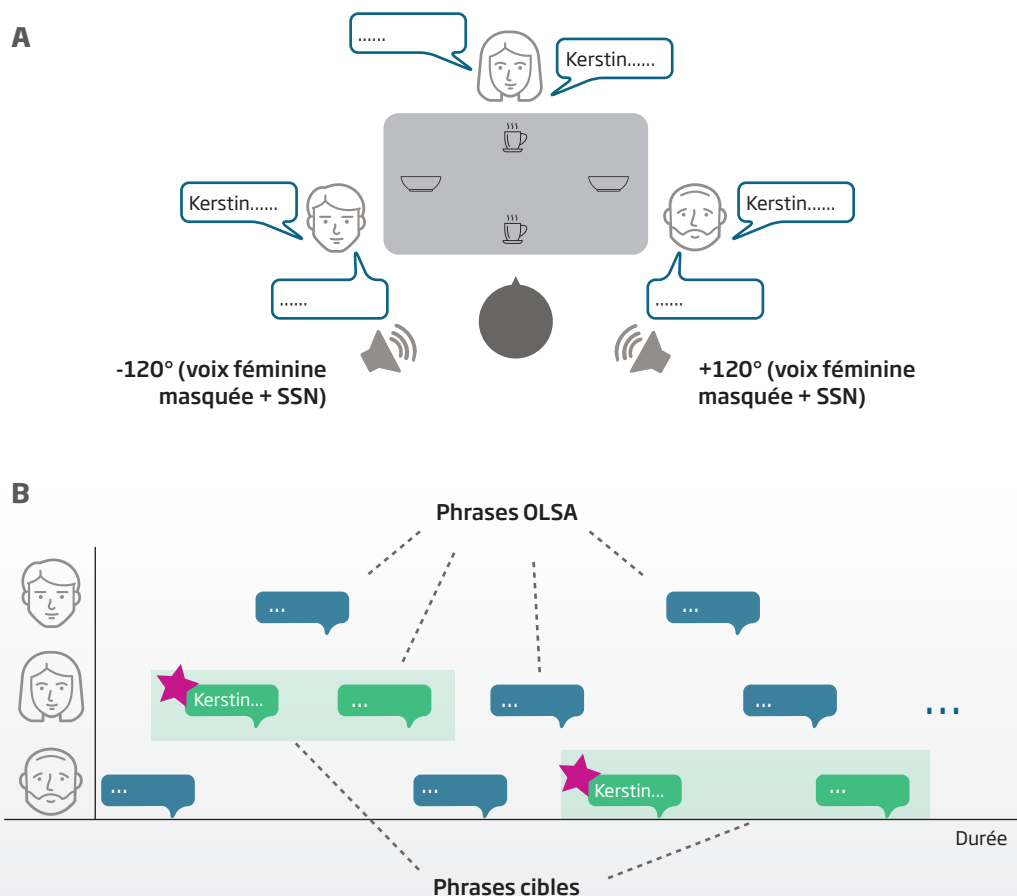


Figure 7 : Illustration de la configuration utilisée pour CC-OLSA. A : Configuration des haut-parleurs, composée de trois haut-parleurs cibles, un à l'avant et deux sur les côtés du participant, et de deux sources de bruit derrière le participant. B : Exemple de l'alternance des phrases OLSA entre les trois locuteurs au fil du temps. La mention "Kerstin" (signalée par une étoile) indique le moment où le participant doit porter son attention sur un autre orateur tout en continuant à surveiller les autres orateurs en attendant l'apparition de la mention suivante. L'exercice du participant consiste à répéter les derniers mots de toutes les phrases cibles (marquées en vert).

Méthode

Les phrases du test matriciel allemand (Oldenburg sentence test, OLSA, Wagener et al., 1999) ont été diffusées par trois haut-parleurs placés à l'avant (0°) et sur les côtés (±60°) des participants (figure 7A). Chaque fois qu'une phrase commençait par le nom "Kerstin" (signal d'appel, indiqué par une étoile dans la figure 7B), le participant était invité à répéter les derniers mots de toutes les phrases de ce locuteur (phrases cibles), jusqu'à ce qu'un autre locuteur commence une phrase par "Kerstin". Chacun des mots cibles se chevauchait avec le début de la phrase suivante. Le temps de chevauchement entre les phrases était en moyenne de 1 s. Les participants ont été invités à garder la tête immobile regardant vers l'avant, de sorte que la reconnaissance vocale puisse être évaluée pour les signaux frontaux et latéraux tandis qu'Oticon Intent classifiait le participant comme étant engagé dans une conversation intime.

Un signal de masquage composé d'un mélange de bruit non modulé en forme de parole (SSN) et d'un bruit de fond à deux locuteurs a été diffusé par l'arrière (±120°; figure 7A) à 70 dB SPL. Le CC-OLSA a été effectué avec un RSB fixe pour chaque participant au test, correspondant au SRT50+5 dB de chaque participant, qui était en moyenne de 0,6 dB.

Vingt-cinq participants (âge moyen de 73,6 ans ; intervalle de 63 à 81 ans) avec une perte auditive neurosensorielle légère à modérément sévère ont participé à l'étude. Le test a été réalisé avec Oticon Intent en configuration par défaut de MoreSound Intelligence 3.0 (y compris la technologie 4D Sensor et RNP 2.0), Oticon Real en configuration par défaut de MoreSound Intelligence 2.0 (notamment le RNP), et Oticon Intent en configuration fixe omnidirectionnelle (Omni).

Après le CC-OLSA, les participants ont rempli un questionnaire pour évaluer leur performance et leur expérience d'écoute dans les trois conditions testées (Intent, Real, Omni).

Résultats

Dans l'ensemble, la reconnaissance vocale des phrases cibles était tout aussi bonne pour les signaux frontaux et latéraux lorsque Oticon Intent était réglé par défaut (68 % pour les deux interlocuteurs à 0° et à ±60°; Figure 8) - ce qui indique qu'Oticon Intent peut aider à la compréhension vocale dans les conversations de groupe dynamiques. Aucune différence significative n'a été trouvée entre Oticon Intent et Oticon Real. La reconnaissance

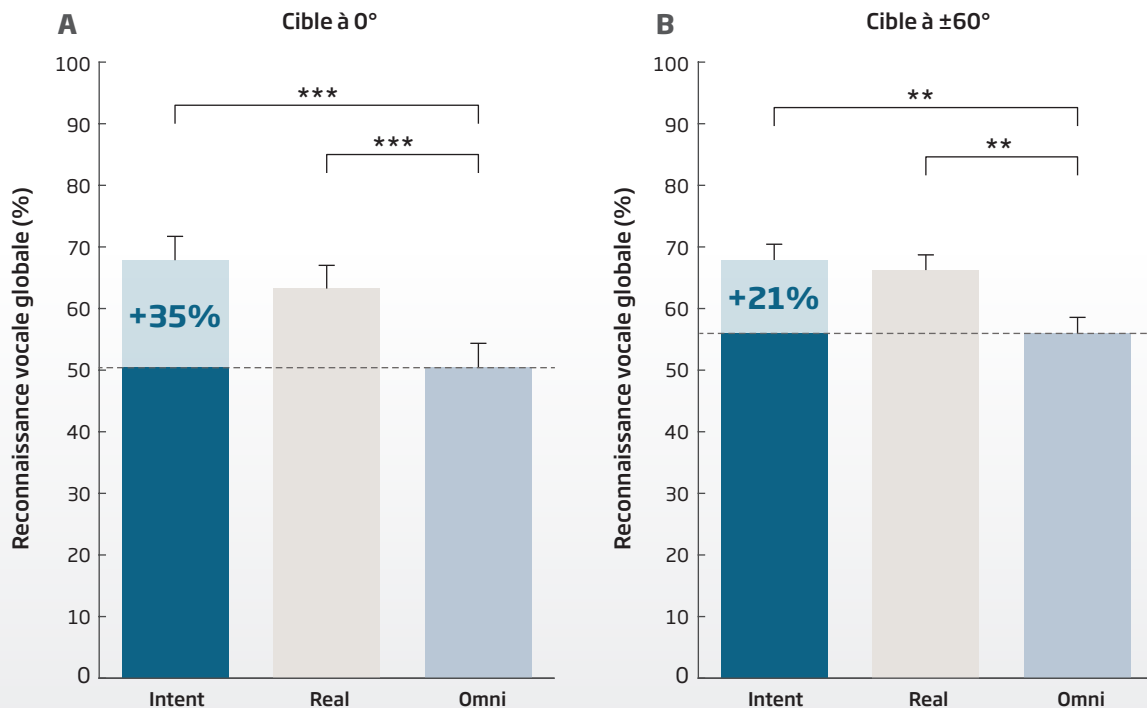


Figure 8 : Moyenne de reconnaissance globale des phrases cibles (derniers mots), pour les locuteurs cibles placés à l'avant (A) et sur les côtés (B), pour les trois conditions testées (Intent, Real, Omni). Les barres d'erreur indiquent la SEM. Les différences significatives sont indiquées par des astérisques (***) $p < 0,001$; ** $p < 0,01$.

vocale a été significativement plus élevée avec Oticon Intent en réglages par défaut qu'avec Oticon Intent en réglages omnidirectionnels ($p < 0,0001$), ce qui s'est traduit par une amélioration relative de 25 % en fonction des angles (en particulier de 35 % à 0° et de 21 % à $\pm 60^\circ$, comme illustré dans la figure 8).

Alors que la reconnaissance vocale générale était de 68 % avec Oticon Intent, sans différencier la direction de la cible, la précision de la reconnaissance vocale nette était de 85 %, aussi bien de face que sur les côtés. En d'autres termes, lors d'une conversation de groupe, après avoir identifié correctement l'ami qui vous appelle, Oticon Intent vous permet de comprendre 85 % de ce que dit cette personne, qu'elle soit placée devant vous ou à vos côtés. Il convient de noter qu'il s'agissait là d'une situation d'écoute difficile et, à titre de référence, de jeunes auditeurs normo-entendants ont obtenu un taux net médian de reconnaissance vocale de 81 % pour le même chevauchement temporel de 1 s entre les phrases (Heeren et al., 2022).

Les auto-évaluations, fournies après chaque condition du test CC-OLSA, ont révélé ce qui suit :

- L'écoute d'une conversation de groupe avec Oticon Intent a été jugée comme nécessitant beaucoup moins d'efforts ($p = 0,033$), offrant plus de confort ($p = 0,010$) et davantage de confiance ($p = 0,002$) qu'avec l'Omni, tandis qu'Oticon Real a été jugé de manière comparable à l'Omni en termes d'efforts, de confort d'écoute et de confiance ;
- Il était nettement plus facile de distinguer les trois locuteurs avec Oticon Intent qu'avec Oticon Real ($p = 0,033$).

Évaluation subjective de la qualité du son (étude clinique 3 - partie 2)

Le but de cette étude était de comparer la qualité sonore entre Oticon Intent et Oticon Real. L'étude a été réalisée dans un centre de recherche indépendant, le Hörzentrum, à Oldenburg (Allemagne).

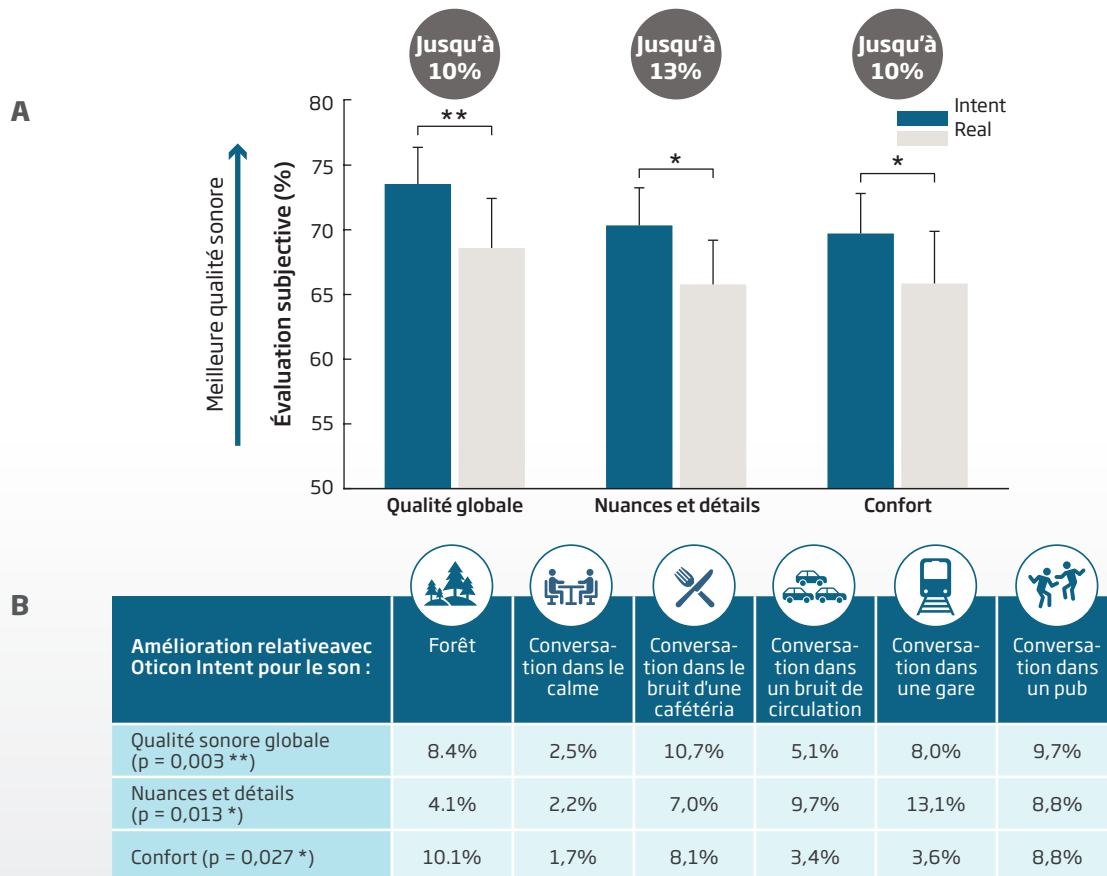


Figure 9 : Moyenne des évaluations subjectives de la qualité sonore globale, des nuances et des détails de la scène sonore, et du confort d'écoute, pour tous les environnements (A) et améliorations relatives pour Oticon Intent par rapport à Oticon Real pour chaque environnement (B). Les différences significatives sont indiquées par des astérisques (** $p < 0,01$; * $p < 0,05$). Les barres d'erreur indiquent la SEM.

Méthode

Six environnements sonores différents ont été simulés de manière réaliste, y compris la réverbération, puis reproduits à l'aide d'une méthode de reproduction sonore éprouvée (Ambisonics) et d'une batterie de 24 haut-parleurs placés sur un plan horizontal. Les auditeurs étaient placés au centre du dispositif et donc immergés dans l'expérience d'écoute.

Les évaluations de la qualité sonore ont été recueillies au moyen d'un questionnaire après que les participants ont écouté les différentes scènes sonores à l'aide d'Oticon Intent et d'Oticon Real (ordre équilibré et procédure en simple aveugle).

Les mêmes vingt-cinq participants qui avaient participé à l'étude 3-partie 1 ont également participé à cette étude 3-partie 2. Le test a été effectué avec Oticon Intent en configuration par défaut de MoreSound Intelligence 3.0 (incluant la technologie 4D Sensor et RNP 2.0) et Oticon Real en configuration par défaut de MoreSound Intelligence 2.0 (incluant RNP).

Résultats

La qualité sonore d'Oticon Intent a été préférée à celle d'Oticon Real dans les différents environnements sonores, en termes de qualité sonore globale, de perception des nuances et des détails dans l'environnement sonore et de confort d'écoute. Les évaluations subjectives, moyennées sur l'ensemble des participants et des environnements sonores, sont présentées dans le diagramme en bâtons de la figure 9A. Le tableau (figure 9B) indique les améliorations relatives d'Oticon Intent (par rapport à Oticon Real) pour chaque environnement sonore. Des évaluations significativement meilleures ont été rapportées pour Oticon Intent dans des environnements où la compréhension de la parole était importante, comme dans une cafétéria, et également dans des environnements où la perception des sons environnants était la plus importante, comme dans la forêt.

Conclusions et répercussions cliniques

Ce livre blanc passe en revue les bénéfices pour l'utilisateur d'Oticon Intent, retraçant le trajet du système auditif, de l'oreille au cerveau.

L'étude technique a révélé qu'Oticon Intent est en mesure d'adapter le niveau d'assistance (traitement de signal) en fonction des intentions d'écoute, offrant ainsi une amplitude d'adaptabilité de 5 dB *au sein* d'un même environnement sonore. *Cliniquement, cela se traduit par la*

présentation d'un environnement sonore plus clair et plus équilibré aux patients. En adaptant intelligemment le niveau d'assistance à l'étape Audition du système auditif, Oticon Intent renforce la capacité naturelle du cerveau à traiter les sons, en fonction des intentions de l'utilisateur dans une situation donnée. En utilisant l'EEG, la deuxième étude a montré que cette adaptation du niveau de traitement se reflétait dans le cerveau, à l'étape Attention du système auditif. Dans ce cas précis, l'attention portée aux sons environnants variait de manière significative en fonction des intentions d'écoute, tandis que l'attention portée à la parole demeurait soutenue dans toutes les situations. *Cliniquement, cela signifie que l'audioprothésiste peut appareiller l'utilisateur en toute confiance, sachant qu'Oticon Intent aide le cerveau à porter son attention sur les sons qui comptent, dans toutes les situations d'écoute.*

Lorsque l'on passe à des stades plus élevés du système auditif, où le sens de la parole est extrait (Reconnaissance et réaction), la technologie de capteurs 4D a permis une augmentation de 15 % de la compréhension de ce qui était dit. Le tout en restant ouvert et en offrant une compréhension vocale de qualité similaire, quelle que soit la position de l'orateur - que ce soit en face de l'utilisateur ou à ses côtés. *D'un point de vue clinique, ces résultats démontrent que la technologie 4D Sensor apporte un avantage supplémentaire dans les conversations individuelles, tout en restant ouverte à l'ensemble de la scène sonore. Ils démontrent également que la stratégie de conseil couramment utilisée, qui consiste à regarder strictement de façon directe l'interlocuteur, est peut-être dépassée, car le fait de tourner légèrement la tête n'entrave pas la compréhension de la parole de plusieurs interlocuteurs ni la lecture labiale.*

Enfin, la technologie des capteurs 4D, utilisée en combinaison avec le nouveau RNP 2.0, a amélioré considérablement la qualité sonore perçue d'Oticon Intent comme l'ont signalé les utilisateurs à travers différents environnements sonores. *L'implication clinique est celle d'une plus grande satisfaction de l'utilisateur grâce au son de haute qualité offert par Oticon Intent.*

Globalement, les conclusions de ce livre blanc révèlent qu'Oticon Intent, avec sa technologie 4D Sensor, est à même de fournir à l'utilisateur une assistance personnalisée en fonction de ses intentions d'écoute dans toutes les situations. Le fait de recevoir un soutien personnalisé à chaque instant permet à l'utilisateur de s'engager plus facilement dans la conversation et dans la vie.

Références

1. Ahrens, A., & Lund, K. D. (2022). Auditory spatial analysis in reverberant multi-talker environments with congruent and incongruent audio-visual room information. *Journal of the Acoustical Society of America*, 152(3), 1586-1594.
2. Ahrens, A., Christensen, N. F., Westermann, A., Best, V., Dau, T., & Neher, T. (2022). Audio-Visual Scene Analysis in Listeners with Normal and Impaired Hearing. *International Hearing Aid Research Conference (IHCON22)*. Lake Tahoe, CA, US.
3. Alickovic, E., Lunner, T., Gustafsson, F., & Ljung, L. (2019). A Tutorial on Auditory Attention Identification Methods. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 153.
4. ANSI S3.5. (1997). American National Standard methods for the calculation of the Speech Intelligibility Index. American National Standards Institute, New York
5. Brændgaard, M./Zapata-Rodriguez, V., Stefancu, I., Sanchez Lopez, R., & Santurette, S. (2024). 4D Sensor technology and Deep Neural Network 2.0 in Oticon Intent™. *Revue techniques et évaluations*. Oticon whitepaper.
6. Fiedler, L., Johnsrude, I., & Wendt, D. (2023). Salience-dependent disruption of sustained auditory attention can be inferred from evoked pupil responses and neural tracking of task-irrelevant sounds [Preprint]. *Neurosciences*.
7. Hadley, L. V., Brimijoin, W. O., & Whitmer, W. M. (2019). Speech, movement, and gaze behaviours during dyadic conversation in noise. *Scientific reports*, 9(1), 1-8.
8. Hadley, L. V., Whitmer, W. M., Brimijoin, W. O., & Naylor, G. (2020). Conversation in small groups: Speaking and listening strategies depend on the complexities of the environment and group. *Speaking and listening strategies depend on the complexities of the environment and group*.
9. Hadley, L. V., & Culling, J. F. (2022). Timing of head turns to upcoming talkers in triadic conversation: Evidence for prediction of turn ends and interruptions. *Frontiers in Psychology*, 13.
10. Heeren, J., Nuesse, T., Latzel, M., Holube, I., Hohmann, V., Wagener, K. C., & Schulte, M. (2022). The Concurrent OLSA test: A method for speech recognition in multi-talker situations at fixed SNR. *Trends in Hearing*, 26.
11. Higgins, N. C., Pupo, D. A., Ozmeral, E. J., & Eddins, D. A. (2023). Head movement and its relation to hearing. *Frontiers in Psychology*, 14.
12. Kiessling, J., Pichora-Fuller, M. K., Gatehouse, S., Stephens, D., Arlinger, S., Chisolm, T., ... & Von Wedel, H. (2003). Candidature for and delivery of audiological services: special needs of older people. *International journal of audiology*, 42(sup2), 92-101.
13. Lemke, U., & Besser, J. (2016). Cognitive load and listening effort: Concepts and age-related considerations. *Ear and Hearing*, 37, 775-845.
14. Man K. L., B., & H. N. Ng, E. (2020). *BrainHearing™ - The new perspective*. Oticon Whitepaper.
15. Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
16. Nicoras, R., Gotowiec, S., Hadley, L. V., Smeds, K., & Naylor, G. (2023). Conversation success in one-to-one and group conversation: A group concept mapping study of adults with normal and impaired hearing. *International Journal of Audiology*, 62(9), 868-876.
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. Puvvada, K. C., & Simon, J. Z. (2017). Cortical representations of speech in a multitalker auditory scene. *Journal of Neuroscience*, 37(38), 9189-9196.
19. Shinn-Cunningham, B. G., & Best, V. (2008). Selective Attention in Normal and Impaired Hearing. *Trends in Amplification*, 12(4), 283-299.
20. Wagener, K., Brand, T., & Kollmeier, B. (1999). Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache Teil III: Evaluation des Oldenburger Satztests (in German) (Development and evaluation of a German sentence test-Part III: Evaluation of the Oldenburg sentence test). *Zeitschrift für Audiologie*, 38, 86-95.





Life-changing technology signifie
Des technologies qui changent la vie.

www.oticon.fr

Oticon est une marque du Groupe Demant.

oticon
life-changing **technology**