

Les nombreux bénéfices d'Edge Mode+ : une multiplicité de mesures met en évidence une performance accrue chez les personnes appareillées



Brittany N. Jaekel, MS, PhD, et Jingjing Xu, PhD

Introduction

Si plus de 80 % des utilisateurs sont satisfaits de leurs aides auditives, comprendre des paroles dans le bruit demeure pour eux une des grandes difficultés à surmonter (Picou, 2022). Les aides auditives numériques modernes ont des algorithmes sophistiqués de traitement automatique et adaptatif des signaux pour gérer le bruit dans les situations d'écoute du quotidien. Elles possèdent notamment des microphones directionnels et des stratégies de réduction du bruit. Malgré cela, écouter dans certains environnements bruyants peut rester difficile. Il est donc souhaitable de proposer une option à la demande qui offre un traitement complémentaire des signaux pour aider l'utilisateur dans de tels scénarios. Edge Mode+, la fonction la plus avancée de Starkey en matière de traitement à la demande, est conçu à cet effet.

Lorsqu'il est activé, Edge Mode+ enjoint l'aide auditive à classifier l'environnement sonore et à appliquer des changements de réglages spécialisés supplémentaires pouvant améliorer les résultats pour l'utilisateur dans des situations bruyantes réalistes (Fabry & Bhowmik, 2021). Ces modifications sont spécifiques à l'environnement actuel de l'utilisateur ainsi qu'à son intention lorsqu'il utilise l'application My Starkey pour les activer (Figure 1). Un utilisateur qui souhaite entendre les gens plus clairement, par exemple, peut choisir la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+, tandis qu'un autre en quête de plus de confort dans le bruit pourra sélectionner la fonction Réduction du bruit.

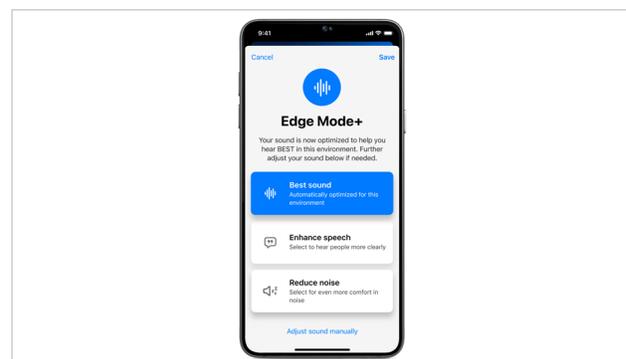


Figure 1 : Affichage d'Edge Mode+ et de l'intention d'écoute dans l'application My Starkey

Ces programmes de classification et d'adaptation sont dérivés d'un traitement par apprentissage automatique et réseau neuronal profond (RNP), pour lequel des modèles ont été entraînés à partir de nombreux enregistrements de sons de la vie réelle, puis affinés grâce aux contributions des praticiens et des utilisateurs.

Pour comprendre les bénéfices de ces modifications de réglages pour les utilisateurs d'aides auditives en matière de traitement, nous avons réalisé une étude en laboratoire afin d'évaluer les effets d'Edge Mode+ sur la performance liée à la parole dans le bruit. Trois domaines de résultats ont été étudiés : (1) l'intelligibilité vocale, (2) l'exigence perçue de la tâche et (3) le temps de réaction vocale (TRV).

Méthodes

Vingt utilisateurs d'aides auditives chevronnés atteints de perte auditive neurosensorielle (10 femmes, 10 hommes) ont participé à une étude réalisée en laboratoire. Un participant supplémentaire a été testé, puis retiré du jeu de données pour ne pas avoir répondu aux évaluations démographiques.

	Moyenne <i>(écart type)</i>	Plage
Âge	70,7 ans (10,5 ans)	42 à 85 ans
Moyenne des sons purs (PTA) sur quatre fréquences de l'oreille la plus faible 500, 1000, 2000, 4000 Hz	43,0 dB (14,5 dB HL)	11,7 - 61,7 dB HL
Score de l'inventaire révisé du handicap auditif (RHHI) Score maximal possible : 72 points	22,1 points (12,4 points)	0 à 48 points

Tableau 1. Informations démographiques descriptives concernant les 20 participants

Les participants ont été appareillés avec les contours à écouteur intra-conduit (RIC) Genesis AI 24 de Starkey et un couplage acoustiquement approprié (appareillages ouverts = 9 participants ; appareillages fermés = 11 participants). Le Tableau 1 présente des informations démographiques descriptives concernant les participants. On a demandé à ces derniers de répondre à l'inventaire révisé du handicap auditif (RHHI) afin d'évaluer leur perception des impacts de leur perte auditive sur leur vie quotidienne. Le RHHI est noté sur 72 points : plus le score est élevé, plus les impacts de la perte auditive sont importants.

Deux conditions d'utilisation ont été testées : l'écoute avec des aides auditives réglées par défaut et l'écoute avec la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ activée. Dans chaque cas, on a demandé aux participants de répéter des phrases IEEE présentées dans un environnement bruyant de restaurant. Le bruit de 63 dB SPL en moyenne était émis depuis 7 haut-parleurs encerclant le participant de 45 à 315 degrés par intervalle de 45 degrés. La parole émanait directement du haut-parleur situé face à lui (0 degré). Pour les évaluations d'écoute, les supports vocaux étaient présentés à un niveau permettant au participant de comprendre correctement environ 70 % des mots dans le cas des aides auditives réglées par défaut. Avec un tel niveau de performance vocale, les utilisateurs seraient enclins à faire un certain nombre d'efforts pour comprendre les paroles. Les réponses orales des participants ont été enregistrées et analysées en différé. Après cela, les participants ont évalué l'exigence qu'ils avaient perçue de cette tâche à l'aide d'une échelle de notation allant de 0 (« Pas du tout exigeante ») à 100 (« Extrêmement exigeante ») par palier de 10.

La question posée était : « À quel point la tâche vocale était-elle exigeante mentalement ? ». Les participants devaient entourer ou noter leur réponse. L'échelle de notation subjective de l'effort utilisée était inspirée du NASA-TLX (l'indice de la charge de travail de la NASA) développé par Hart et Staveland (1988).

Outre l'intelligibilité vocale et l'exigence perçue de la tâche, cette étude avait pour autre résultat le temps de réaction vocale (TRV). Le TRV est une mesure comportementale de l'effort d'écoute/du traitement de la parole : des réponses plus rapides aux stimuli de la part des participants peuvent indiquer qu'un moins grand effort cognitif a été nécessaire pour traiter la parole (Meister et al., 2018).

Résultats – Intelligibilité vocale

Les scores corrects ont été calculés en pourcentage, puis transposés en unités rationalisées par une transformation en arcsinus (RAU) afin de permettre la réalisation d'une analyse statistique paramétrique (Studebaker, 1985). Les scores RAU coïncident étroitement avec les scores corrects en pourcentage dans une fourchette s'étendant approximativement de 20 à 80. Avec le traitement par défaut, les scores moyens d'intelligibilité vocale étaient de 62,7. Avec la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ activée, les scores moyens d'intelligibilité vocale ont augmenté d'environ 8 points pour atteindre 70,8 RAU.

La fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ a donc entraîné une amélioration de l'intelligibilité vocale par rapport aux aides auditives réglées par défaut (Figure 2). Lorsque les RAU ont été analysés statistiquement, cette hausse s'est avérée significative (test t des différences pour échantillon unique par rapport à la condition par défaut, $t(19) = 2,55$; $p = 0,02$).

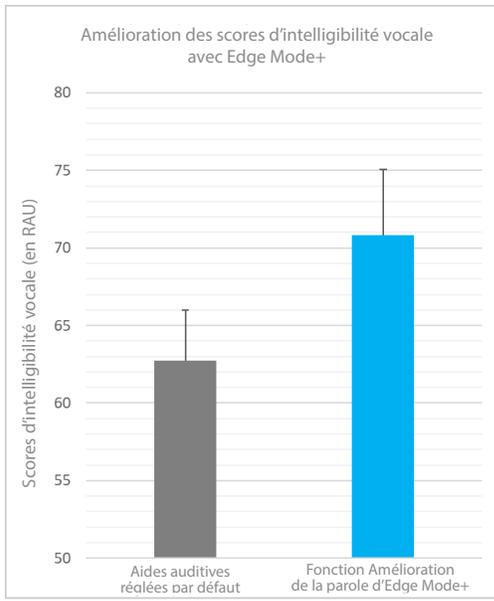


Figure 2 : Scores moyens d'intelligibilité vocale (transposés en RAU) pour les deux situations d'écoute. Les scores d'intelligibilité vocale étaient significativement meilleurs lorsque la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ était activée. Les barres indiquent l'erreur type.

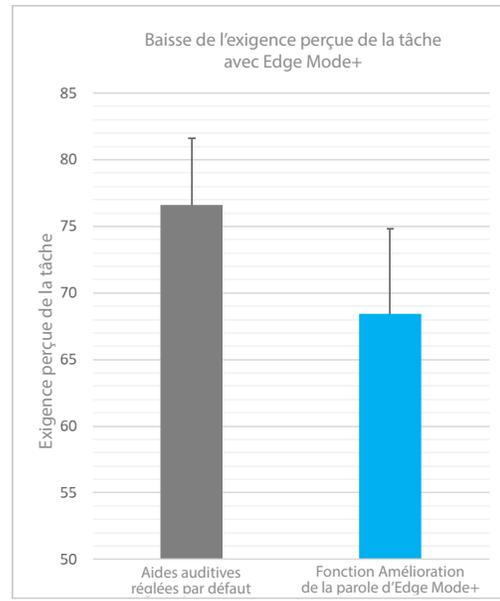


Figure 3 : Notes moyennes de l'exigence perçue de la tâche (transposées en RAU) pour les deux situations d'écoute. La note moyenne était en baisse lorsque la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ était activée. Cette différence n'était cependant pas statistiquement significative. Les barres indiquent l'erreur type.

Résultats – Exigence perçue de la tâche

Comme pour les résultats de l'intelligibilité vocale, les notes d'exigence perçue de la tâche ont été transposées de l'échelle de 0 à 100 en RAU afin de permettre la réalisation d'une analyse statistique paramétrique. Avec le traitement par défaut, les participants ont attribué une note moyenne de 76,6 RAU à l'exigence perçue de la tâche. Avec la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+, ils ont attribué une note moyenne de 68,4 RAU. Edge Mode+ a donc diminué d'environ 8 points l'exigence perçue de la tâche par rapport aux aides auditives réglées par défaut. La Figure 3 illustre la différence entre les deux conditions d'utilisation des aides auditives. Lorsque les RAU ont été analysés statistiquement, cette baisse de l'exigence perçue de la tâche s'est avérée non significative (test t des différences pour échantillon unique par rapport à la condition par défaut, $t(19) = 1,58$; $p = 0,13$).

Résultats – TRV

Le TRV a été mesuré comme étant le temps (en secondes) entre la compensation du stimulus et le déclenchement de la réaction du participant (Meister *et al.*, 2018). Avant d'effectuer l'analyse, les essais pour lesquels les participants n'avaient relevé aucun mot-clé ont été supprimés ($n = 83$ sur 800 essais ; 10,4 % des données). Le retrait des réponses incorrectes est habituel dans le cadre d'analyses du temps de réaction. Sur l'ensemble des tests supprimés ici, environ 45 % avaient été réalisés avec la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ et 55 % avec le traitement par défaut. Le nombre moyen d'essais retirés par personne était de 4. Avec le traitement par défaut, le TRV moyen était de 1,048 s. Avec l'Amélioration de la parole d'Edge Mode+, il était de 0,963 s. Edge Mode+ a donc généré une baisse de 85 ms du TRV par rapport aux aides auditives réglées par défaut (Figure 4). Lorsqu'elle a été analysée statistiquement, cette baisse du TRV s'est avérée significative (test t des différences pour échantillon unique par rapport à la condition par défaut, $t(19) = 2,92$; $p = 0,009$).

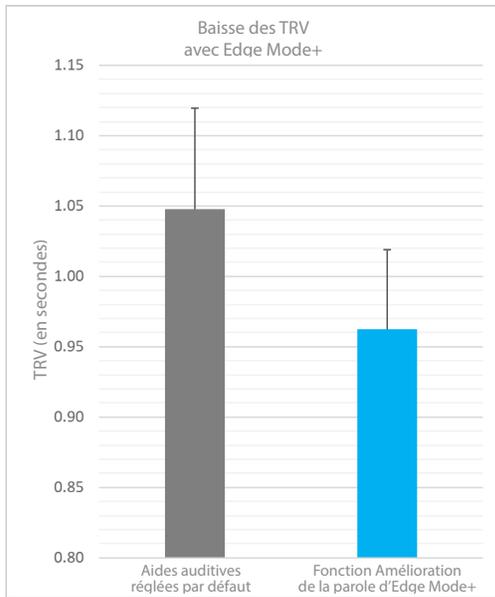


Figure 4 : TRV moyens (en secondes) dans les deux situations d'écoute. Les TRV ont considérablement diminué (autrement dit, ils se sont accélérés) lorsque la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ était activée. Les barres indiquent l'erreur type.

Résultats – Multiplicité de mesures

De quelle façon les trois mesures de résultats sont-elles liées entre elles chez chaque participant ? Les trois mesures ont été cartographiées par superposition à l'aide d'une grille à code couleur (Figure 5). L'axe des abscisses y représente le changement de précision de l'intelligibilité vocale avec Edge Mode+. 0 correspond à une absence de changement par rapport aux réglages par défaut, une valeur positive à une amélioration de l'intelligibilité vocale et une valeur négative à une réduction. L'axe des ordonnées, quant à lui, représente le changement en pourcentage du TRV. 0 correspond à une absence de changement par rapport aux réglages par défaut, une valeur positive à une hausse du TRV (indiquant une plus grande consommation de ressources cognitives pour traiter les paroles) et un pourcentage négatif à une diminution du TRV (indiquant la libération de ressources cognitives). Quatre couleurs ont été utilisées : un rond gris représente un participant n'ayant rapporté aucun changement dans l'exigence perçue de la tâche, quelles que soient les conditions d'utilisation.

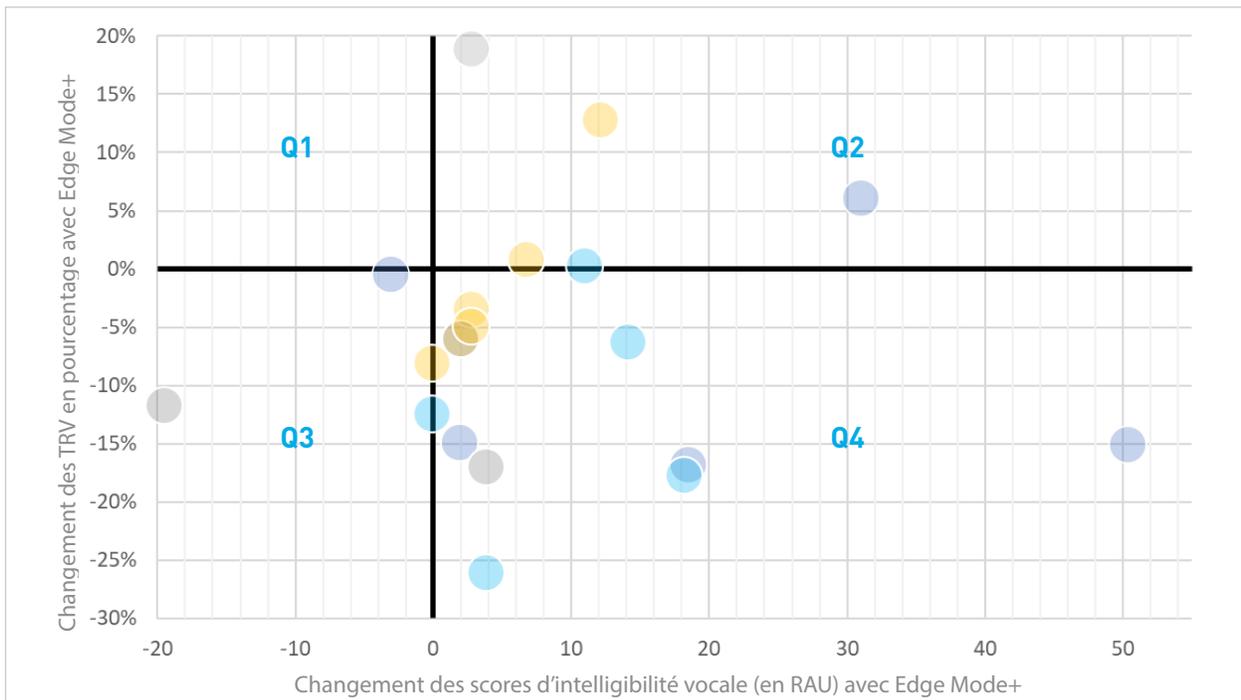


Figure 5 : Visualisation des relations entre les trois mesures de résultats obtenus. Le changement des scores d'intelligibilité vocale (en RAU) et des notes d'exigence perçue de la tâche (en RAU) ainsi que le changement en pourcentage des TRV entre les aides auditives réglées par défaut et l'utilisation de la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ ont été calculés. Le changement de scores d'intelligibilité vocale est représenté en fonction du changement en pourcentage du TRV, tandis que la couleur indique un changement des notes d'exigence perçue de la tâche. Les quatre quadrants de ce graphique ont une signification à savoir Q1 : aucun bénéfice (intelligibilité réduite, effort accru) ; Q2 : bénéfice mitigé (intelligibilité améliorée, effort accru) ; Q3 : aucun bénéfice (intelligibilité réduite, effort réduit) et Q4 : bénéfice (intelligibilité améliorée, effort réduit).

Changement de l'exigence perçue de la tâche

- Réduction importante (> 25 RAU)
- Réduction modérée (10-25 RAU)
- Aucun changement
- Augmentation

Les nombreux bénéfices d'Edge Mode+ : une multiplicité de mesures met en évidence une performance accrue chez les personnes appareillées

Un rond jaune indique un participant ayant perçu une exigence accrue de la tâche avec Edge Mode+. Un rond bleu clair correspond à un participant ayant perçu une exigence légèrement moindre de la tâche avec Edge Mode+ (réductions entre 10 et 21 RAU), tandis qu'un rond bleu foncé représente un participant ayant perçu une exigence fortement réduite de la tâche avec Edge Mode+ (réductions entre 27 et 49 RAU).

Q1 : Aucun bénéfice (intelligibilité réduite, effort accru). Une personne recensée dans ce quadrant aurait eu une hausse de TRV accompagnée d'une baisse de la précision des paroles avec Edge Mode+. En d'autres termes, elle aurait compris moins de paroles en utilisant plus de ressources cognitives. Ce serait là un piètre résultat. Aucun participant de la présente étude n'a cependant été recensé dans cette section de la grille.

Q2 : Bénéfice mitigé (intelligibilité améliorée, effort accru). Une personne recensée dans ce quadrant aurait eu une hausse de TRV accompagnée d'une hausse de la précision des paroles avec Edge Mode+. En d'autres termes, elle aurait compris plus de paroles en utilisant plus de ressources cognitives. Le bénéfice obtenu dans ce cas est mitigé : si les participants comprennent mieux les paroles dans le bruit, ils doivent toutefois fournir plus d'efforts sur le plan cognitif pour y parvenir. Cinq des 20 participants (25 %) ont été recensés dans cette section de la grille. Il est intéressant de constater que hausse de l'exigence perçue de la tâche et hausse de TRV ne vont pas systématiquement de pair : seuls deux de ces cinq participants ont perçu une exigence accrue. Les trois participants restants n'ont signalé aucun changement ou ont constaté, au contraire, une réduction de l'exigence perçue de la tâche.

Q3 : Aucun bénéfice (intelligibilité réduite, effort réduit). Une personne recensée dans ce quadrant aurait eu une baisse de TRV accompagnée d'une baisse de la précision des paroles avec Edge Mode+. En d'autres termes, elle aurait compris moins de paroles en utilisant moins de ressources cognitives. Un tel résultat pourrait indiquer un « renoncement » du participant, ce qui constituerait un autre piètre résultat. Cela signifierait en effet que le traitement fourni par Edge Mode+ n'aurait pas suscité l'envie de s'engager pleinement dans la tâche.

Deux des 20 participants (10 %) ont été recensés dans cette section de la grille. L'un des deux a indiqué n'avoir constaté aucun changement dans l'exigence perçue de la tâche et l'autre a constaté une réduction de cette exigence.

Q4 : Bénéfice (intelligibilité améliorée, effort réduit). Une personne recensée dans ce quadrant aurait eu une hausse de la précision des paroles accompagnée d'une baisse de TRV avec Edge Mode+. En d'autres termes, elle aurait compris plus de paroles en utilisant moins de ressources cognitives. C'est le résultat le plus souhaitable pour toute nouvelle stratégie de traitement. Onze des 20 participants (55 %) ont été recensés dans cette section de la grille. Une fois encore, l'exigence perçue de la tâche ne coïncidait pas parfaitement avec les résultats du TRV : dans ce quadrant, six participants ont constaté une baisse de l'exigence perçue de la tâche, trois une exigence accrue et deux n'ont observé aucun changement en la matière. (Remarque : un rond jaune et un rond gris sont directement superposés dans ce quadrant.)

Aux frontières. Deux des 20 participants (10 %) n'ont constaté aucun changement concernant la précision vocale entre les deux situations et se trouvent par conséquent en plein sur l'axe des ordonnées. Ces deux participants ont eu une baisse de TRV, ce qui signifie qu'ils ont compris autant de paroles en utilisant moins de ressources cognitives. Ce résultat se veut encourageant. Si le traitement fourni par Edge Mode+ n'a pas réussi à augmenter les scores d'intelligibilité vocale, il a facilité le traitement des paroles comprises (c.-à-d. permis d'utiliser moins de ressources cognitives). L'un de ces deux participants a constaté une hausse de l'exigence perçue de la tâche et l'autre une baisse.

De façon générale, les évaluations de l'exigence perçue de la tâche ne coïncidaient pas avec les changements de TRV. D'après l'analyse de corrélation de Pearson effectuée entre les TRV de chacun des participants dans les deux situations et leur évaluation de l'exigence perçue de la tâche, une relation non significative positive mais faible a été observée ($r = 0,203$; $p = 0,21$) : des TRV plus bas avaient en effet tendance à coïncider avec des évaluations plus élevées de l'exigence perçue de la tâche.

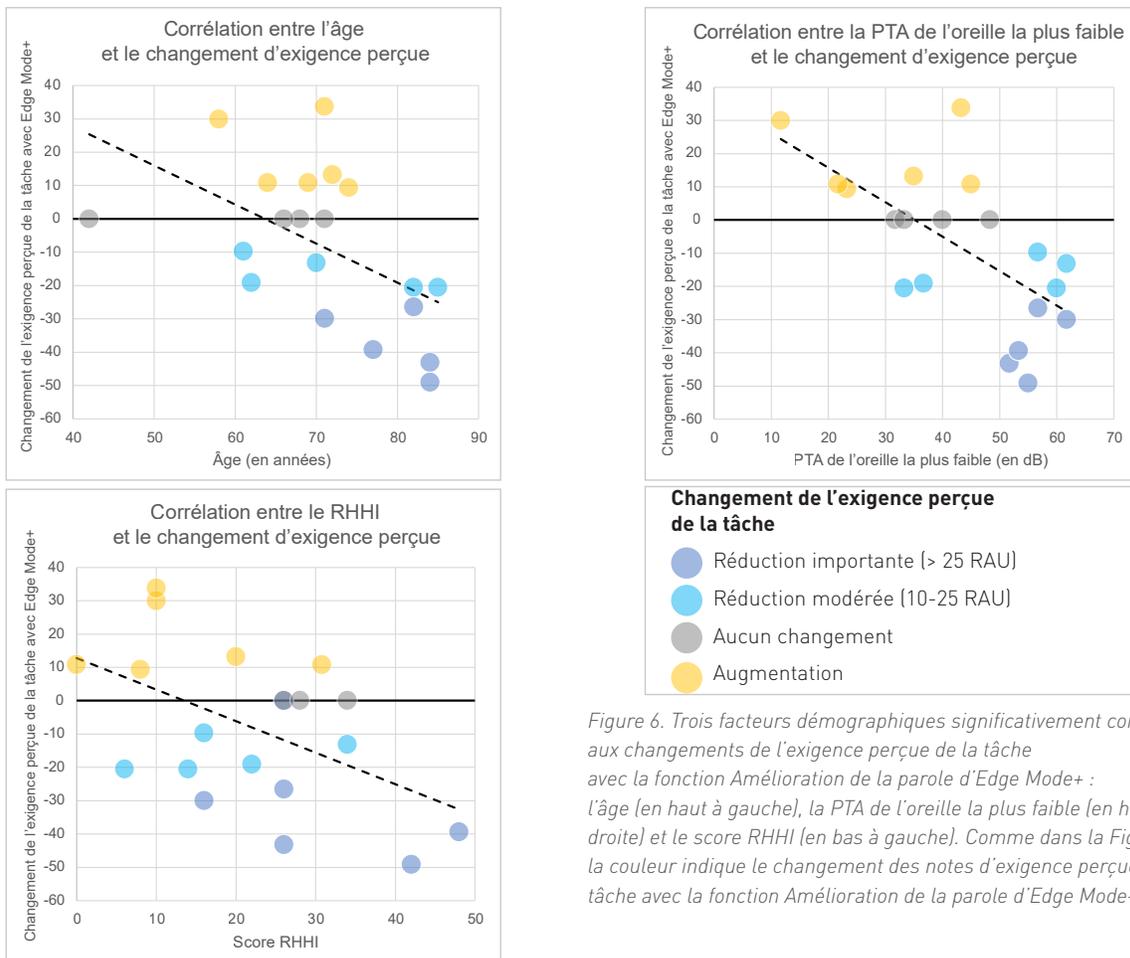


Figure 6. Trois facteurs démographiques significativement corrélés aux changements de l'exigence perçue de la tâche avec la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ : l'âge (en haut à gauche), la PTA de l'oreille la plus faible (en haut à droite) et le score RHHI (en bas à gauche). Comme dans la Figure 5, la couleur indique le changement des notes d'exigence perçue de la tâche avec la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+.

Impact des facteurs démographiques

Une évaluation a par ailleurs été menée pour savoir s'il existait un lien quelconque entre les facteurs démographiques et les différents résultats intéressants obtenus. On a ainsi trouvé une corrélation significative entre l'âge, la moyenne des sons purs (PTA) sur quatre fréquences à 0.5, 1, 2 et 4 Hz de l'oreille la plus faible, les scores de handicap auditif perçus dérivés du RHHI et les changements de l'exigence perçue de la tâche avec la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ (voir Figure 6). Les plus fortes baisses de notes d'exigence perçue de la tâche avec la fonction Amélioration de la parole d'Edge Mode+ ont été observées chez les participants les plus âgés ($n = 20$; $r = -0,534$; $p = 0,015$), les participants atteints des pertes auditives les plus importantes dans leur oreille la plus faible (autrement dit avec les PTA les plus élevées) ($n = 20$; $r = -0,652$; $p = 0,002$) et les participants ayant les scores de handicap auditif perçus les plus hauts ($n = 20$; $r = -0,508$;

$p = 0,022$). Aucune variable démographique n'était en revanche corrélée à des changements de précision de la parole ou de TRV entre les deux situations observées. En matière d'effort d'écoute, il est possible que les changements de TRV soient moins liés aux facteurs démographiques que des mesures subjectives de l'effort comme l'exigence perçue de la tâche.

Conclusion

Pour résumer, les systèmes de traitement à la demande en environnement réaliste comme Edge Mode+ peuvent être très bénéfiques pour les utilisateurs d'aides auditives sur le plan de l'effort d'écoute et de l'intelligibilité vocale. Cela étant dit, certains sous-groupes spécifiques peuvent en tirer de plus grands bénéfices que d'autres, notamment les personnes atteintes de pertes auditives plus sévères ou en âge plus avancé. Ces résultats démontrent par ailleurs l'intérêt d'utiliser une multiplicité de mesures pour évaluer les constats effectués afin d'obtenir une image plus complète des expériences d'écoute de chaque participant.

Sources

1. Fabry, D. A., & Bhowmik, A. K. (2021). Improving speech understanding and monitoring health with hearing aids using artificial intelligence and embedded sensors. *Seminars in Hearing*, 42(3), 295-308.
2. Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Advances in Psychology*, 53, 139-183.
3. Meister, H., Rahlmann, S., Lemke, U., & Besser, J. (2018). Verbal response times as a potential indicator of cognitive load during conventional speech audiometry with matrix sentences. *Trends in Hearing*, 22, 1-11.
4. Picou, E. M. (2022, November). Hearing aid benefit and satisfaction results from the MarkeTrak 2022 survey: Importance of features and hearing care professionals. *Seminars in Hearing*, 43(4), 301-316.
5. Studebaker, G. A. (1985). A "rationalized" arcsine transform. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 28(3), 455-462. doi: 10.1044/jshr.2803.455.

Biographies des auteurs



Brittany N. Jaekel a rejoint Starkey en tant que chercheuse en 2021. Elle est diplômée d'un master en sciences et troubles de la communication de l'université de Wisconsin-Madison ainsi que d'un doctorat en sciences de la parole et de l'audition de l'université de Maryland-College Park. Ses recherches sont axées sur les résultats en matière d'intelligibilité vocale chez les personnes dotées de prothèses auditives et aux impacts du vieillissement sur la communication.



Jingjing Xu est chercheur au sein du département de recherche clinique et audiolgique chez Starkey. Avant d'intégrer la société en 2016, il a été professeur assistant de recherche en audiologie à l'université de Memphis. Il est titulaire d'un master en ingénierie acoustique de l'université technique du Danemark et d'un doctorat en sciences et troubles de la communication de l'université de Memphis. Ses recherches portent sur l'acoustique, la reconnaissance vocale, les mesures de résultats d'aides auditives et l'évaluation écologique momentanée.