



Juillet 2016

Comparaison des résultats objectifs et subjectifs de systèmes de classification automatique de différents fabricants

L'utilisation des systèmes de classification automatique pour catégoriser les environnements auditifs et modifier le paramétrage des aides auditives en conséquence a considérablement augmenté la capacité des utilisateurs d'aides auditives à profiter des avantages des divers réglages des aides auditives sans avoir à gérer l'effort supplémentaire qu'engendre un changement de programme manuel. Toutefois, le niveau de sophistication de ces systèmes diffère selon les fabricants : la vitesse, la possibilité de catégorisation et le nombre de paramètres disponibles pour l'adaptation des aides auditives varient considérablement. Phonak AutoSense OS™ permet non seulement de caractériser avec précision et rapidement les environnements auditifs, mais également de classifier les proportions et les probabilités des différentes classes acoustiques présentes dans l'environnement en question. Le Phonak Audiology Research Center (PARC) a mené une étude afin de mieux comprendre les possibilités qu'offre AutoSense OS, en comparaison avec les systèmes automatiques de deux autres grands fabricants d'aides auditives. Il s'est intéressé à la façon dont le système de classification automatique des fabricants affectait les performances de l'utilisateur d'aides auditives dans les situations réelles. Les résultats montrent que Phonak AutoSense OS offre toujours de meilleures performances d'intelligibilité vocale dans différents environnements auditifs réels et complexes.



dans leur capacité à détecter et à adapter les paramètres des aides auditives en fonction de l'environnement. L'accent apporté au côté « intelligent » des aides auditives, qui permet d'ajuster les programmes et les paramètres, est devenu l'un des sujets principaux dans le domaine des aides auditives, comme ce type de technologie réduit les efforts à fournir et optimise la commodité pour les utilisateurs d'aides auditives.

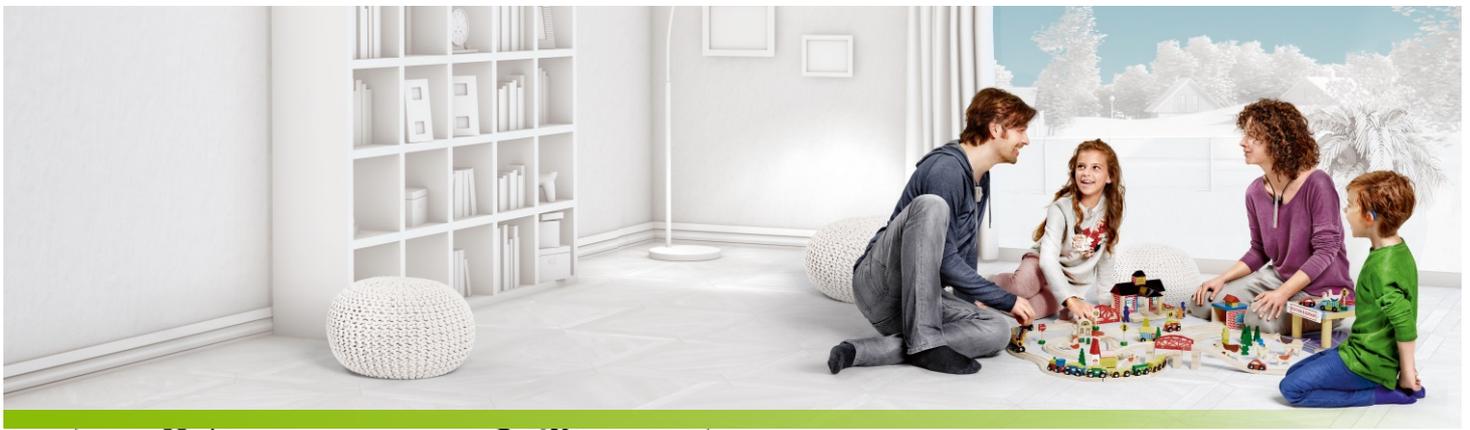
Dans une étude exploratoire de McCormack et Fortnum (2014), il a été conclu que le manque d'avantages perçus (en particulier dans le bruit) et la complexité de manipulation faisaient tous deux partie des trois principales raisons pour lesquelles les aides auditives n'étaient pas utilisées. On peut en déduire qu'un système d'exploitation automatique fiable permettant à la fois d'optimiser les paramètres en fonction d'un environnement donné et minimiser le besoin de manipulation de l'appareil par l'utilisateur pourrait potentiellement supprimer certaines de ces barrières. Les fabricants ont trouvé différentes manières de mettre en place des fonctionnalités automatiques. Certains d'entre eux se sont concentrés sur cette innovation en ajoutant de la flexibilité, de la complexité et de la précision à leurs systèmes automatiques, tandis que d'autres ont restreint la manipulation automatique à un certain nombre de paramètres. Phonak AutoSense OS utilise un algorithme avancé pour établir une classification précise et mélanger les caractéristiques des différents environnements acoustiques. En particulier, AutoSense OS gère en toute simplicité le gain et les fonctions de traitement du signal afin d'offrir un équilibre

également à l'appareil de mélanger plusieurs programmes comme dans les environnements complexes du quotidien.

Une étude précédente menée au PARC a comparé les performances des utilisateurs d'aides auditives dans les environnements auditifs réels avec les programmes manuels et avec AutoSense OS (Rakita et Jones, 2015). Cette étude a révélé qu'AutoSense OS proposait des performances de reconnaissance vocale égales ou meilleures que le programme manuel choisi par le participant. Pour prolonger cette précédente étude, il était intéressant de connaître l'effet des systèmes de classification des aides auditives des autres fabricants sur la capacité des utilisateurs d'aides auditives à comprendre la parole dans des environnements auditifs réels et complexes, en comparaison à AutoSense OS. Il s'agit du cœur de cette étude.

Méthodologie

Quatorze sujets âgés de 23 à 83 ans ont été inclus dans cette étude. Tous présentaient une perte auditive neuro-sensorielle bilatérale légère à moyennement sévère et étaient des utilisateurs à temps plein d'aides auditives. Pour ce projet, les sujets ont été appareillés avec des aides auditives à écouteur dans le conduit (RIC) Audéo B-90 et des aides auditives à écouteur dans le conduit comparables de deux autres fabricants d'aides auditives. L'audiogramme moyen des 14 participants à l'étude est indiqué à la figure 1.



La figure 1 montre les seuils audiométriques moyens des 14 participants.

Appareillage de l'aide auditive

Les logiciels de programmation respectifs des aides auditives des trois fabricants ont été réglés avec la stratégie normative « NAL-NL2 ». Le gain a été défini à 100 % de la cible pour chaque fabricant. Tous les systèmes de compression fréquentielle disponibles sur les aides auditives ont été désactivés. Le programme de classification automatique était le seul programme des aides auditives.

Pour garantir la même audibilité pour les aides auditives de tous les fabricants, des mesures de l'oreille réelle ont été effectuées à l'aide du système Verifit 2. Des ajustements ont été réalisés pour assurer que les réponses avec appareil dans l'oreille réelle (REAR) se situaient à +/-3 dB des cibles NAL-NL2 250-4 000 Hz pour chaque fabricant. Cela a permis d'évaluer les modifications du traitement du signal selon la scène, effectuées automatiquement, et non les différences inhérentes d'audibilité.

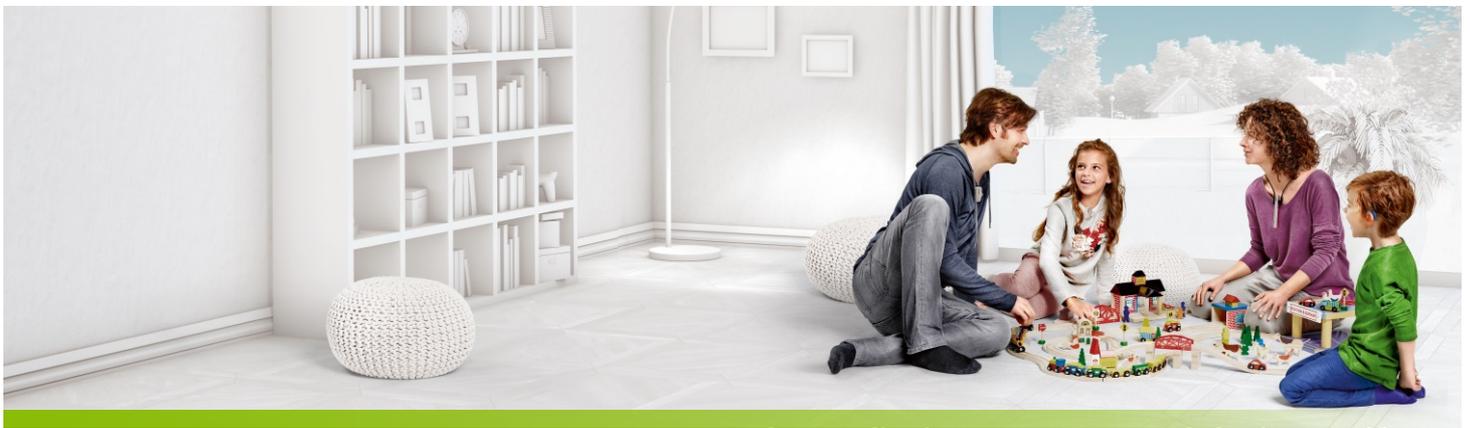
Configuration du test

Quatre environnements auditifs réels et individuels ont été utilisés dans cette étude. Ces quatre environnements ont été identifiés pour plusieurs raisons: a) chacun d'entre eux représente un environnement auditif dans lequel les utilisateurs d'aides auditives se trouvent régulièrement au quotidien; b) il s'agit

précalibré pour chacun des quatre environnements auditifs. Le niveau de bruit ambiant était constant et contrôlé dans la mesure du possible. Les situations dans lesquelles la source sonore se présentait naturellement dans l'environnement (p. ex. dans un café ou en voiture) nécessitaient plusieurs visites avant l'expérience afin de s'assurer que les niveaux de bruit étaient constants chaque jour et à différents moments de la journée. Une description de chaque scène utilisée pour le test est définie ci-dessous. Pour chaque scène, un temps d'adaptation était prévu pour chaque session de test lors de la première activation et lors du placement des aides auditives sur le participant. En effet, les aides auditives étaient exposées une minute à la scène avant le test, afin qu'elles puissent s'adapter complètement à la scène.

Le test a été effectué avec les aides auditives RIC Phonak B-90 et des aides auditives RIC comparables de deux autres fabricants. Des dômes Puissant Phonak ont été utilisés sur les trois paires d'aides auditives. Cela a permis de s'assurer que les aides auditives des trois fabricants ne paraissaient pas différentes pour le participant. L'ordre des aides auditives de chaque participant a été choisi aléatoirement et contrebalancé pour chaque scène auditive.

Au moins deux testeurs ont participé à chaque session de test. L'un d'entre eux était responsable de connaître l'ordre des aides auditives utilisées pour le test et de placer chaque paire d'aides auditives sur les oreilles du participant dans un ordre aléatoire prédéterminé. Les aides auditives



d'intelligibilité vocale pour les aides auditives de chaque fabricant. Un troisième testeur se trouvait dans la voiture ou dans le café, lorsqu'un haut-parleur sans fil BOSE Minilink était nécessaire pour la diffusion des stimuli vocaux. Son rôle était de conserver le haut-parleur sans fil à un niveau et à une distance constants du participant dans ces deux scènes.



Figure 2. Les aides auditives recouvertes et couplées avec des dômes Puissant identiques ne peuvent pas être identifiées.

Des haut-parleurs de laboratoire et une carte son ont été utilisés pour la diffusion de la parole et du bruit dans les scènes « Scène auditive complexe » et « Scène de parole faible », mesurées dans le Loft d'écoute Phonak. Cet espace a été conçu pour produire une faible réverbération ($RT = .8$ s). La parole et le bruit ont été diffusés à l'aide d'une carte son Fireface RME 16 canaux et de haut-parleurs 8020 CPM Genelec.

1. Scène auditive complexe (mauvaise acoustique)

Les chercheurs ont souhaité créer une scène de test complexe et non franche qui nécessiterait que le système de classification automatique prenne des « décisions » plus importantes en raison de la présence de plus d'un type d'interférence acoustique. C'est ce genre de scène qui,

chances d'activer un programme de bruit agressif chez les différents fabricants. La compréhension vocale en présence de niveaux de bruit ambiant élevés a été examinée dans la « Scène au café » (décrite dans la partie 3 de la configuration du test).

Les performances dans la « Scène auditive complexe » ont été mesurées dans le Loft d'écoute, au PARC. En plus de la réverbération, un brouhaha de 4 locuteurs a été diffusé depuis quatre haut-parleurs à 45, 135, 225 et 315 degrés à un niveau cumulé de 60 dBA. Le participant était assis au centre des quatre haut-parleurs, à une distance de 3,35 mètres (11 pieds) de chaque haut-parleur. Un cinquième haut-parleur était placé à un angle azimutal de 0 degré par rapport au participant, à une distance de 1 mètre (3 pieds). C'est de ce haut-parleur que les phrases IEEE ont été diffusées, à un niveau de 65 dBA. Voir figure 3 (ci-dessous).

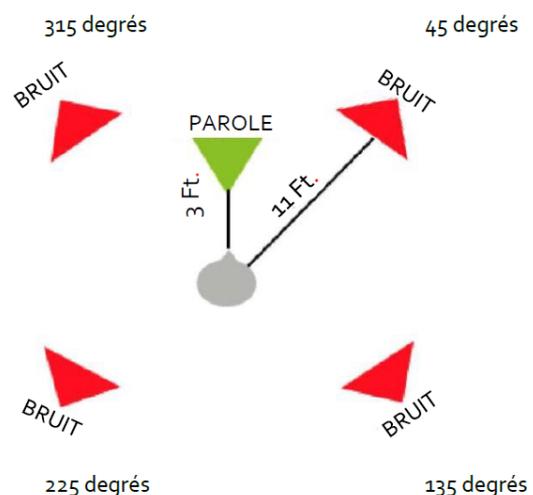
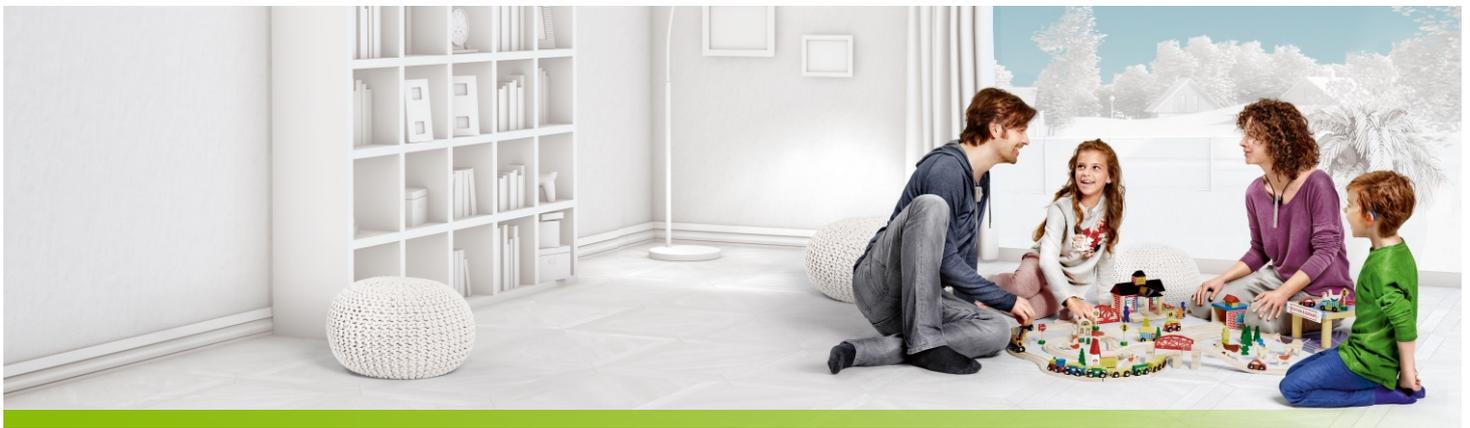


Figure 3. Schéma de la « Scène auditive complexe » utilisée pour comparer les performances de reconnaissance vocale dans les systèmes de classification automatique de trois fabricants.



tire donc aucun avantage d'un microphone directionnel comme le locuteur qu'il souhaite entendre ne se trouve pas dans le rayon de l'aide auditive. En fait, un microphone directionnel peut se révéler désavantageux dans ce genre de situation.

Une Nissan Murano de 2014 a été utilisée pour les tests en voiture de tous les participants. Chaque participant était assis à la place du passager avant. La même portion de route, dans la zone de parc à l'extérieur du centre de recherche a été utilisée pour chaque participant et la voiture a roulé de façon constante à 50 km/h (30 mph) lors du test pour obtenir les mêmes conditions pour tous les participants. Le test n'a pu être réalisé que sur une route sèche et a été mis en pause en cas de précipitations. Le brouhaha de quatre locuteurs a été diffusé via le système de haut-parleurs de la voiture. Le stimulus de brouhaha a été enregistré sur un iPhone 6s, connecté à la voiture via l'entrée auxiliaire. Le bruit a été présenté à 60 dBA via la stéréo intégrée à la voiture. Avec les bruits de la route et du moteur, le bruit ambiant général du test était de 63 dBA en permanence. Les phrases IEEE étaient diffusées depuis un haut-parleur BOSE sans fil, tenu par un testeur à l'arrière de la voiture, juste derrière le participant. Les phrases ont été diffusées à 70 dBA. Tout au long du test en voiture, le testeur 1 a conduit la voiture, le testeur 2 a présenté des phrases à l'aide du haut-parleur Bose et placé les aides auditives sur le sujet pour chaque session de test et le testeur 3 a noté le test de parole. Voir figure 4 (ci-dessous).

performance using automatic classification systems from three manufacturers.

3. Scène au café (bruit ambiant intense)

La scène au café a été choisie pour représenter un environnement auditif complexe et extrêmement bruyant. Un café a été utilisé pour faire passer le test à tous les participants, situé dans le centre-ville de Naperville, dans l'Illinois. Le choix s'est porté sur ce café, car il est toujours bondé, à toute heure de la journée.

Dans cette scène, la parole a été présentée face au participant, au niveau maximum du haut-parleur. Le bruit ambiant a été mesuré en permanence à une moyenne de 80 dBA. Voir figure 5 (ci-dessous).

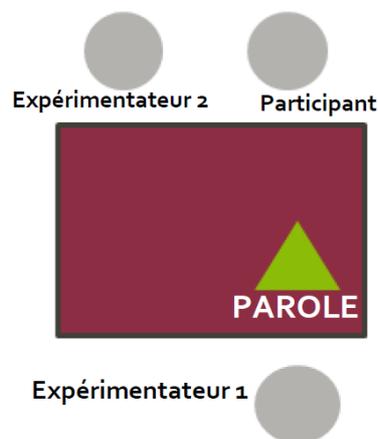


Figure 5. Schéma de la configuration du café utilisée pour comparer les performances de reconnaissance vocale dans les systèmes de classification automatique de trois fabricants.

4. Scène de parole faible

La dernière condition de mesure a également eu lieu dans le loft du PARC et il a été choisi de présenter la parole à distance, c'est-à-dire une parole faible. Chaque participant était assis dans le Loft d'écoute et un haut-parleur était placé à

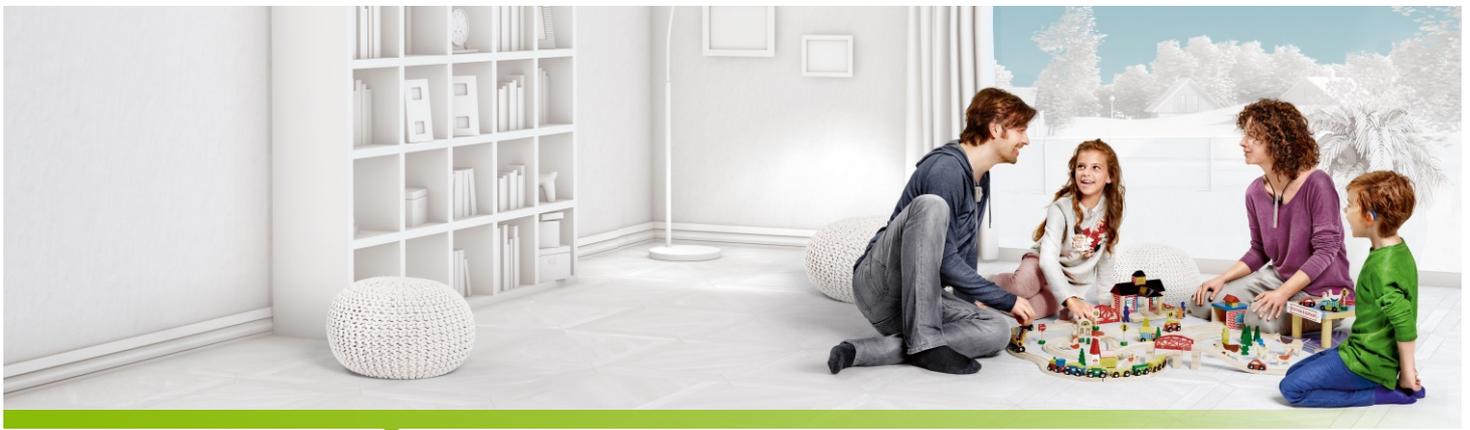


Figure 6. Schéma de la configuration de la parole faible utilisée pour comparer les performances de reconnaissance vocale dans les systèmes de classification automatique de trois fabricants.

Procédures

Dans chacune des quatre scènes définies ci-dessus, les participants ont dû répéter 20 phrases IEEE tout en portant les aides auditives de chacun des trois fabricants. L'ordre des aides auditives des fabricants utilisées pour le test était aléatoire pour chaque scène. Le pourcentage de mots corrects répétés pour les 20 phrases a été calculé pour chaque fabricant. Les instructions pour cette tâche ont été les mêmes pour tous les participants et ceux-ci ont été encouragés à tenter de deviner en cas de doute.

En plus de ces tests objectifs de reconnaissance vocale, le participant a également dû (juste après le test de reconnaissance vocale de chaque fabricant) donner une note subjective de l'effort perçu lors de la répétition des phrases avec l'aide auditive de chaque fabricant. Il leur a été proposé une échelle de 1 (aucun effort) à 10 (effort maximum) et il leur a été demandé de choisir la valeur qui représentait le mieux l'effort d'écoute et de compréhension associé à chaque paire d'aides auditives.

Résultats

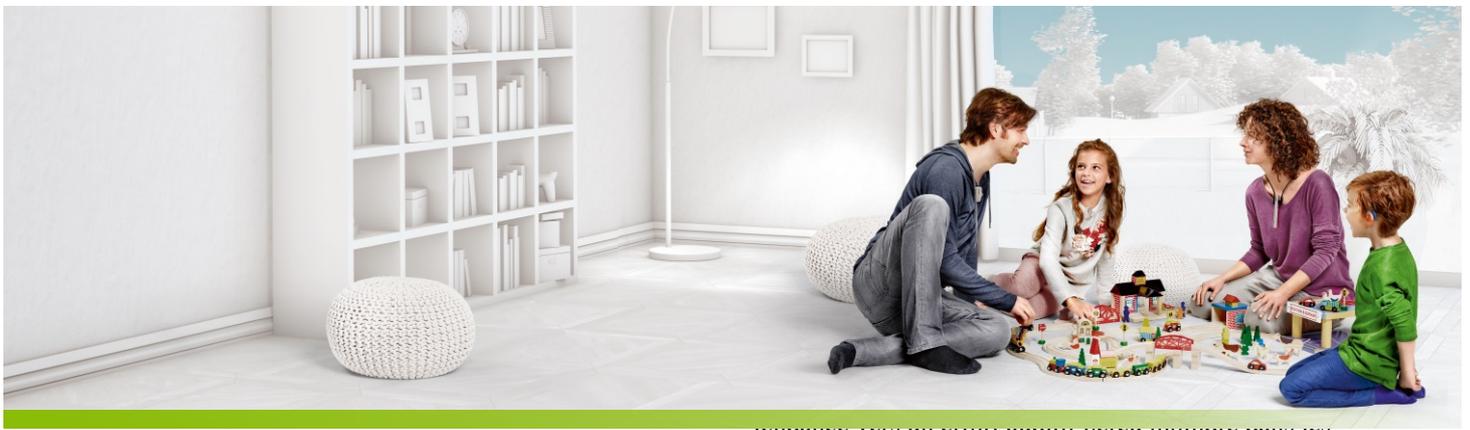
Reconnaissance vocale

(ANOVA) a révélé un effet considérable pour les aides auditives des fabricants dans la scène auditive complexe $F(2, 13) = 13,3, p < 0,05$, la scène de parole faible $F(2, 13) = 3,42, p < 0,01$, la scène au café $F(2, 13) = p < 0,05$ et la scène en voiture $F(2, 13) = 4,9, p < 0,05$. Consultez les figures 6a à 6d pour voir les scores dans chaque scène auditive. Les barres d'erreur représentent l'erreur type de la moyenne.

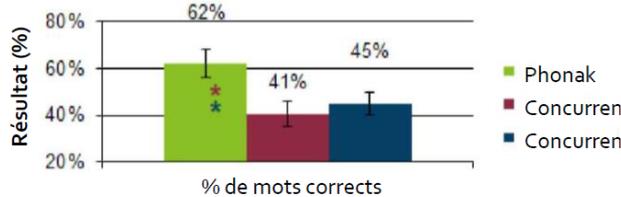
Après avoir appliqué la correction Bonferroni pour les trois comparaisons par configuration de test, une valeur de 0,02 a été utilisée pour déterminer la différence significative pour chaque comparaison (Dunn, 1961). Des analyses ultérieures à l'aide du test post-hoc de différence significative minimale LSD de Fisher ont montré que les scores de reconnaissance vocale étaient significativement plus élevés avec Phonak AutoSense OS ($M = 62 \%$, $SE = 6,0 \%$) qu'avec les deux autres fabricants ($M = 41 \%$, $SE = 5,6 \%$), ($M = 45 \%$, $SE = 4,6 \%$) dans la scène auditive complexe.

En voiture, le test post-hoc LSD de Fischer a montré que les scores de reconnaissance vocale avec Phonak AutoSense OS ($M = 53 \%$, $SE = 6,9 \%$) étaient significativement meilleurs que ceux des deux concurrents ($M = 43 \%$, $SE = 7,2 \%$), ($M = 40 \%$, $SE = 7,0 \%$).

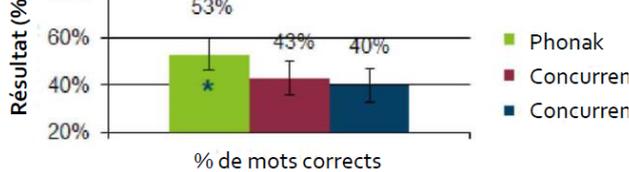
Le test post-hoc LSD de Fisher a également montré des scores de reconnaissance vocale significativement meilleurs avec Phonak AutoSense OS ($M = 74 \%$, $SE = 5,5 \%$) qu'avec les deux autres fabricants ($M = 67 \%$, $SE = 5,3$



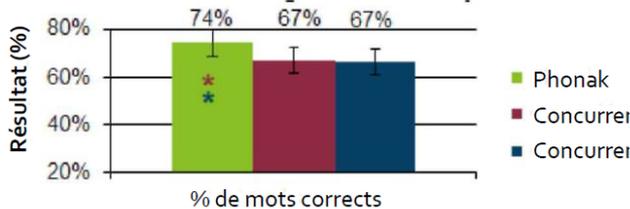
% de mots corrects des phrases IEEE – Acoustique complexe



% de mots corrects des phrases IEEE – En voiture



% de mots corrects des phrases IEEE – Au café



% de mots corrects des phrases IEEE – Parole faible

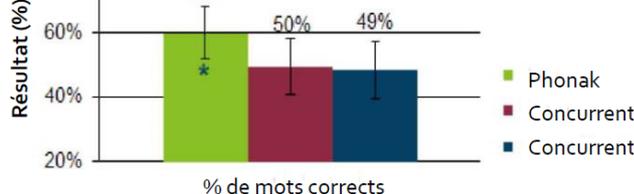


Figure 7a-7d. Scores objectifs de reconnaissance vocale (% de mots corrects) pour les phrases IEEE dans les systèmes de classification acoustique de Phonak et de 2 de ses concurrents (conc. A et B). Les barres d'erreur représentent l'erreur type de la moyenne. (*) = différence significative à la valeur 0,02 p. (*) résultat significatif par rapport au concurrent A et (*) résultat significatif par rapport au concurrent B.gure 7a-7d.

tendance vers un effort audatif perçu moindre dans les quatre scènes pour Phonak AutoSense OS par rapport aux aides auditives des deux autres fabricants, même si ces résultats ne sont pas statistiquement significatifs. Sur une échelle de 1 à 10, l'évaluation moyenne de Phonak est de 6,2 par rapport à 7,0 et 7,1 pour ses concurrents.

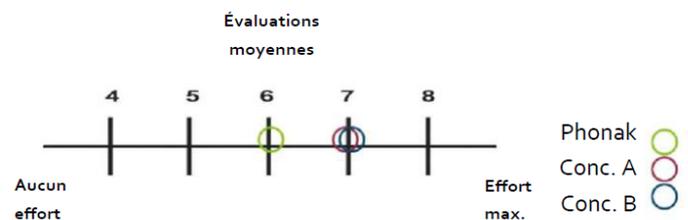
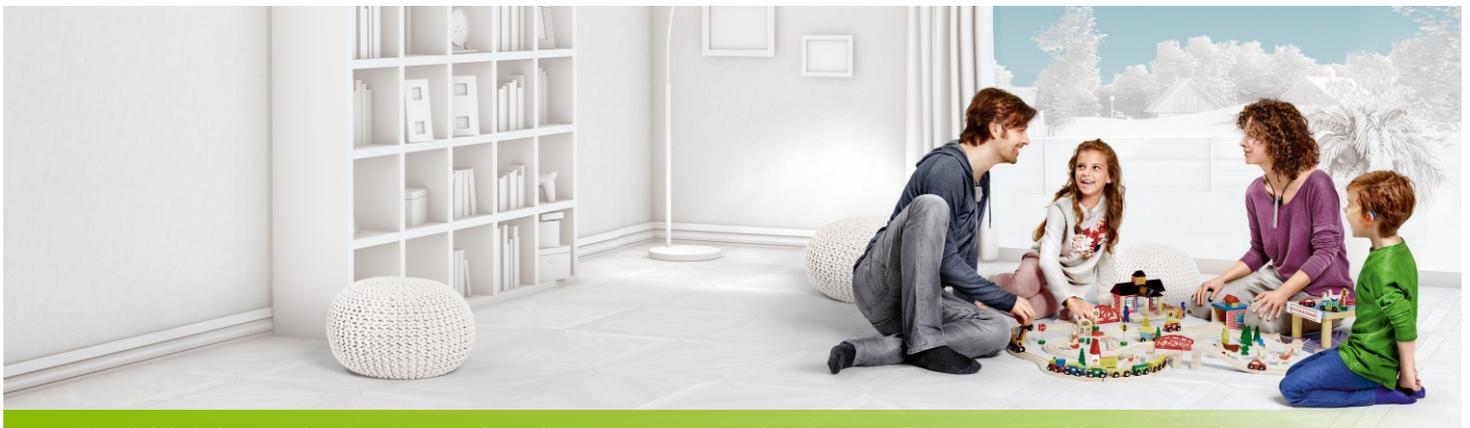


Figure 8. Average subjective rating of perceived listening effort when performing the speech recognition task in each manufacturer's automatic classification system.

Discussion

L'étude actuelle analyse la capacité du système de classification automatique à optimiser l'audition dans de nombreuses situations auditives, en prenant en compte différents types d'interférences acoustiques. Les utilisateurs d'aides auditives souhaitent ardemment connaître à nouveau une expérience auditive normale, pendant laquelle ils n'ont pas à penser à ajuster leurs aides auditives pour pouvoir communiquer efficacement dans différents environnements. Cela peut paraître irréaliste de demander aux utilisateurs d'aides auditives de changer de programme avec précision lorsque la situation l'exige, en particulier dans une scène complexe qui ne correspond pas tout à fait aux types de programmes disponibles pour l'utilisateur d'aides auditives via un programme manuel. Finalement, il peut même ne pas être possible pour les utilisateurs d'aides auditives d'accéder au mélange sophistiqué de paramètres que certains



flexibilité de manipuler un nombre de paramètres différent.

L'étude actuelle a eu lieu dans quatre environnements auditifs complexes réels. Les résultats ont montré que Phonak AutoSense OS améliore plus efficacement les performances des utilisateurs d'aides auditives dans ces scènes complexes de la vie réelle. Les performances de reconnaissance vocale moyennes étaient toujours plus élevées avec Phonak AutoSense OS qu'avec les deux autres fabricants dans les quatre scènes testées. De plus, l'effort auditif subjectif était toujours évalué plus faible en moyenne dans les quatre scènes auditives avec Phonak AutoSense OS par rapport au programme automatique des deux autres fabricants.

Conclusion

Les résultats de cette étude montrent la capacité d'AutoSense OS à orienter le traitement du signal de l'aide auditive, notamment l'activation du gain et des fonctions, en réponse à l'environnement, de sorte que la compréhension vocale est toujours meilleure par rapport aux aides auditives des deux autres grands fabricants. Cet avantage est observé, quelle que soit la complexité de la scène. Les résultats ont montré spécifiquement qu'en moyenne, les participants ont obtenu de meilleurs scores avec Phonak AutoSense OS lors d'un test de reconnaissance vocale dans quatre situations auditives réelles.

La classification automatique est une technologie sophistiquée qui nécessite à la fois l'identification des caractéristiques acoustiques et l'adaptation du traitement du signal en temps réel. Plus le système de classification automatique est précis, plus l'utilisation de l'aide auditive sera agréable, car l'utilisateur n'aura pas à se soucier de changer

fabricants. Cela montre l'impact positif d'AutoSense OS sur l'expérience auditive et les performances de l'utilisateur d'aides auditives au quotidien.

References

McCormack, Abby and Fortnum, Heather (2013) Why do people fitted with hearing aids not wear them? International Journal of Audiology, 52 (5). pp. 360-368.

Rakita, L and Jones, C. (2014) Performance and Preference of an Automatic Hearing Aid System in Real-World Listening Environments. The Hearing Review

Auteurs et chercheurs

Lori Rakita est une chercheuse en audiologie au PARC. Depuis qu'elle a rejoint Phonak, elle a géré un programme de recherche important comprenant les évaluations techniques approfondies des tests des participants pour améliorer l'application, la documentation et le soutien clinique des produits Phonak. Lori est diplômée en psychologie à l'université de Wisconsin-Madison et a obtenu son doctorat en audiologie à l'université Washington de Saint-Louis.



Christine Jones a rejoint Phonak en 2001. Elle travaille actuellement comme directrice

