

Field Study News

Février 2018



Technologies de réduction du bruit : de quoi les enfants ont-ils besoin et que désirent-ils ?

Cette étude décrit les performances d'enfants d'âge scolaire avec différents types de technologies de gestion du bruit ainsi que leurs préférences. Quatorze enfants ayant une perte auditive moyenne à moyennement sévère ont été équipés des aides auditives contour d'oreille Phonak Sky™ V90-P. L'utilisation du mode microphone directionnel adaptatif a entraîné une amélioration significative de la reconnaissance des phrases lorsque la parole arrivait de face (amélioration moyenne de 24 % par rapport à la situation omnidirectionnelle). Par rapport aux performances en situation omnidirectionnelle, l'utilisation de Real Ear Sound a permis une amélioration de 8 % de la reconnaissance des phrases lorsque le signal parvenait face à l'enfant et une reconnaissance des phrases globalement identique lorsque le signal vocal parvenait de dos. L'utilisation de Real Ear Sound a fourni les meilleures performances dans l'évaluation de la localisation. Enfin, les enfants ont exprimé une forte préférence pour l'utilisation combinée de toutes les technologies de gestion du bruit (la réponse gain-fréquence du bruit, le mode directionnel adaptatif et la réduction du bruit activée), que le discours parvienne de face ou de dos.

Introduction

La recherche a clairement démontré que les enfants ayant une perte auditive rencontraient souvent des difficultés de communication dans des situations bruyantes. Par exemple, Wolfe et ses collègues (2013) ont évalué la reconnaissance vocale dans le bruit dans une salle de classe comprenant 15 enfants d'âge scolaire normo-entendants et 15 enfants d'âge scolaire ayant une perte auditive moyenne à moyennement sévère. À un rapport signal sur bruit (RSB) de 5 dB, ils ont obtenu un résultat de reconnaissance des phrases de près de 90 % de phrases correctes pour les enfants normo-entendants et d'environ 65 % de phrases correctes pour les enfants avec une perte auditive. De plus, Scollie et al. (2010) ont évalué les expériences en monde réel et les préférences de 24 enfants lors d'une étude comparant les prescriptions d'appareillage d'aides auditives NAL-NL1 et DSL v4.1. Les enfants ont souvent évoqué d'importantes difficultés à communiquer dans des situations bruyantes et exprimé une préférence pour des niveaux plus faibles de gain

des aides auditives dans des environnements bruyants. De plus, Hornsby et al. (2017) ont évalué la fatigue subjective de 60 enfants souffrant de perte auditive et 43 enfants normo-entendants, révélant que les enfants avec une perte auditive atteignaient des niveaux de fatigue plus élevés que les enfants normo-entendants. Il est raisonnable de supposer qu'une partie de la fatigue ressentie par les enfants ayant une perte auditive peut être attribuée aux difficultés qu'ils rencontrent dans des environnements bruyants.

Malheureusement, les enfants avec une perte auditive doivent souvent communiquer dans de tels environnements. Par exemple, Crukley et ses collègues (2011) ont exploré les propriétés acoustiques des environnements éducatifs et en ont conclu que les enfants d'âge scolaire passaient presque 90 % de leur journée de classe à écouter de la parole dans le bruit.

Utiliser une technologie de microphone à distance adaptatif est la méthode la plus efficace pour améliorer la

reconnaissance vocale dans les environnements bruyants (Wolfe et al., 2013 ; Wolfe et al. (2017)). Cependant, dans de nombreuses situations, le signal cible n'est pas dirigé vers le microphone à distance. Par exemple, Feilner (2016) a étudié plusieurs salles de classe dans différents pays et a conclu que seulement 22 % de la journée de classe étaient consacrés à l'enseignement direct de l'enseignant aux élèves. Le reste de la journée de classe était consacré à des activités dynamiques faisant intervenir plusieurs orateurs cibles et lors desquelles l'orateur cible spécifique pouvait changer d'un moment à l'autre. Pour optimiser l'expérience auditive d'un enfant au sein de ces environnements dynamiques, des technologies de gestion du bruit supplémentaires doivent être considérées, comme les microphones directionnels adaptatifs, les fonctions automatiques de réduction du bruit et les changements automatiques de la réponse gain-fréquence des aides auditives pour les environnements au niveau de bruit modéré à élevé.

Plusieurs chercheurs ont étudié l'influence de la technologie de microphone directionnel sur la reconnaissance vocale dans le bruit chez les enfants souffrant de perte auditive. Leurs conclusions ont montré sans équivoque que l'utilisation de la technologie de microphone directionnel entraînait une amélioration de la reconnaissance vocale lorsque le signal cible parvenait à l'auditeur de face (Gravel et al., 1999 ; Kuk et al., 1999 ; Ricketts, Galster et Tharpe, 2007 ; Wolfe et al., 2017). Cependant, Ricketts et ses collègues (2007) ainsi que Wolfe et al. (2017) ont également montré que l'utilisation de microphones directionnels entraînait une diminution de la reconnaissance vocale dans le bruit lorsque les signaux parvenaient à l'auditeur de dos. Cette diminution a conduit certains chercheurs à exprimer une réticence quant à l'utilisation de la technologie de microphone directionnel par de jeunes enfants ayant une perte auditive (AAA, 2013 ; Bagatto, 2010 ; OIHP, 2014). De plus, les capacités de localisation peuvent potentiellement être freinées par l'atténuation des sons provenant de l'hémisphère arrière qui se produit lors de l'utilisation de microphones directionnels.

Plusieurs chercheurs ont également exploré l'effet de la réduction automatique du bruit sur la reconnaissance vocale, les préférences subjectives et les capacités auditives d'enfants avec une perte auditive. Stelmachowicz et al. (2010) ont évalué les avantages potentiels et les limites de la réduction du bruit dans un groupe de 16 enfants souffrant de perte auditive et n'ont constaté aucune différence en termes de reconnaissance vocale dans le bruit, que la réduction du bruit soit activée ou désactivée. Bien que la technologie de réduction du bruit n'ait pas amélioré la reconnaissance vocale dans le bruit, Stelmachowicz et ses collègues ont conclu qu'elle pouvait cependant être

bénéfique pour les enfants, car elle pouvait potentiellement améliorer le confort auditif et réduire la charge cognitive ainsi que la fatigue. Pittman (2011) a évalué l'apprentissage des mots nouveaux chez 26 enfants ayant une perte auditive et reconnu une capacité d'apprentissage des mots nouveaux sensiblement meilleure lorsque la réduction du bruit est activée que lorsqu'elle est désactivée : un constat qui suggère qu'une réduction de la charge cognitive peut améliorer les performances des tâches cognitives d'un niveau plus élevé.

Plusieurs questions restent en suspens concernant l'utilisation des technologies de gestion du bruit chez les enfants avec une perte auditive, notamment :

- 1) Quelle est la contribution individuelle des différentes technologies de gestion du bruit (par ex. : l'altération de la réponse gain-fréquence, la réduction automatique du bruit et le mode microphone) sur les capacités de reconnaissance vocale des enfants souffrant de perte auditive ?
- 2) Quel est l'impact des différents modes microphone sur les capacités de localisation des enfants souffrant de perte auditive ?
- 3) Quelles technologies de gestion du bruit les enfants souffrant de perte auditive préfèrent-ils utiliser dans une salle de classe ?

L'étude suivante visait à répondre à ces trois questions en suspens.

Méthodologie

Quatorze enfants, âgés de 8 à 14 ans et 7 mois (la moyenne d'âge était de 11 ans et demi) ayant une perte auditive bilatérale moyenne à moyenement sévère ont été équipés d'aides auditives contour d'oreille (BTE) Phonak Sky V-90 au niveau des deux oreilles. Les mesures du microphone de la sonde de l'oreille réelle ont été réalisées et la sortie des aides auditives a été associée (+/- 5 dB) à la cible pédiatrique DSL v5.0 pour les entrées de parole diffusées à 55, 65 et 75 dB SPL. Un son pur balayé a été diffusé à 85 dB SPL afin de s'assurer que le niveau maximum de sortie des aides auditives ne dépasse pas les cibles DSL v5.0 du MPO. Cinq programmes différents ont été chargés pour chaque aide auditive :

- 1). La réponse gain-fréquence a été associée aux cibles pédiatriques DSL v5.0, le mode microphone a été réglé sur omnidirectionnel et la réduction automatique du bruit a été désactivée.

- 2) La réponse gain-fréquence a été associée à une cible brevetée Phonak pour les situations bruyantes. Ces cibles comportaient un niveau d'atténuation faible (pas plus de 5 dB, particulièrement dans les graves, par rapport aux cibles pédiatriques DSL v5.0 pour le bruit), le mode microphone a été réglé sur omnidirectionnel et la réduction automatique du bruit a été activée.
- 3) La réponse gain-fréquence a été associée aux cibles pédiatriques DSL v5.0, le mode microphone a été configuré sur directionnel adaptatif (UltraZoom) et la réduction automatique du bruit a été désactivée.
- 4) La réponse gain-fréquence a été associée aux cibles pédiatriques DSL v5.0, le mode microphone a été réglé sur la fonction brevetée Real Ear Sound de Phonak (qui cherche à imiter la directivité naturelle du pavillon et rétablir la fonction de transfert liée au crâne, ce qui est essentiel pour une localisation précise) et la réduction automatique du bruit a été désactivée.
- 5) La réponse gain-fréquence a été associée à une cible brevetée Phonak pour les situations bruyantes. Ces cibles comportaient un niveau d'atténuation faible (pas plus de 5 dB, particulièrement dans les graves, par rapport aux cibles pédiatriques DSL v5.0 pour le bruit), le mode microphone a été réglé sur directionnel adaptatif (UltraZoom) et la réduction automatique du bruit a été activée.

Le test a été entièrement effectué dans une salle de classe aux dimensions suivantes : 6,2 m x 7,3 m x 2,7 m. Pour toutes les mesures réalisées dans cette étude, les signaux de test et de bruit concurrent ont été diffusés par un ensemble de 8 haut-parleurs positionnés à l'horizontale à des angles azimutaux de 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, et 315 degrés (voir figure 1). Les participants se sont assis au milieu de l'ensemble de haut-parleurs et chaque haut-parleur se trouvait à 1,3 m des participants.

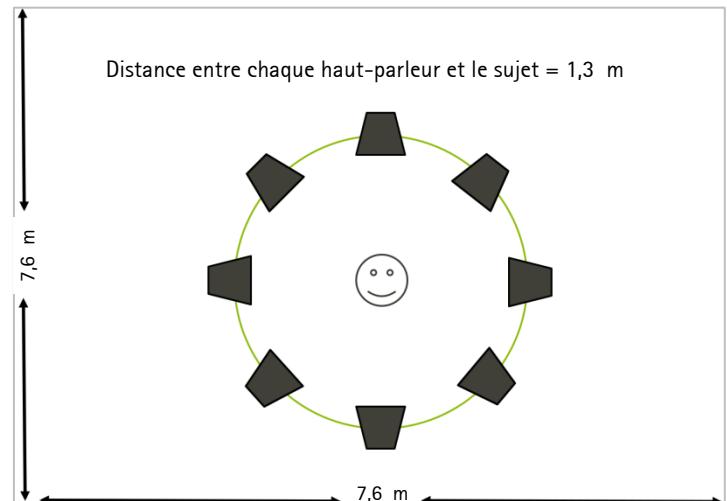


Figure 1. Configuration de la simulation de l'environnement d'étude de la salle de classe.

Évaluation de la reconnaissance vocale

Avec l'utilisation des cinq programmes décrits ci-dessus, la reconnaissance des phrases a été évaluée dans deux conditions :

- 1) Le signal vocal a été diffusé à un angle azimutal de 0 degré et le bruit de la salle de classe (Schafer et Thibodeau, 2006) a été diffusé par les haut-parleurs restants de l'ensemble de 8 haut-parleurs.
- 2) Le signal vocal a été diffusé à un angle azimutal de 180 degrés et le bruit de la salle de classe (Schafer et Thibodeau, 2006) a été diffusé par les haut-parleurs restants de l'ensemble de 8 haut-parleurs.

Une liste entière (20 phrases) de phrases AzBio (Spahr et al., 2012) a été diffusée pour évaluer la reconnaissance des phrases avec chacun des cinq programmes dans chacune des deux situations pour un total de 10 évaluations. L'ordre dans lequel les programmes auditifs et les situations auditives ont été évalués a été compensé. Le niveau de diffusion des phrases AzBio était de 73 dBA au niveau du sujet, un niveau plutôt cohérent avec le niveau de parole dans des conditions d'éducation typiques (Crukley et al., 2011 ; Massie et Dillon, 2006 ; Pearson et al., 1977). Un bruit de salle de classe non corrélé (Schafer et Thibodeau, 2006) a été utilisé comme signal de bruit concurrent. Pour chaque enfant, le niveau de bruit a été adapté pour déterminer le rapport signal sur bruit (RSB) qui entraînait un résultat compris entre 30 % et 50 % de phrases correctes pour une liste entière de phrases AzBio diffusée par le haut-parleur directement en face de l'enfant alors que celui-ci utilisait le programme 1 (la « situation de base » : réponse gain-fréquence standard, omnidirectionnel, réduction automatique du bruit désactivée). La reconnaissance des phrases pour chacun des cinq programmes et pour chaque situation auditive a ensuite été réalisée au RSB requis pour une performance de 50 % de réponses correctes pour chaque enfant en situation de base.

Évaluation de la localisation

La localisation a été évaluée en diffusant un aboiement de chien enregistré à un niveau de diffusion de 70 dBA (mesuré au niveau du participant). Le bruit de salle de classe a également été diffusé à 62 dBA. La localisation a été évaluée dans trois situations :

- 1) Mode microphone omnidirectionnel
- 2) Mode microphone directionnel adaptatif (Phonak UltraZoom)
- 3) Mode microphone Real Ear Sound Phonak

Pour chacune des trois situations, l'aboiement de chien a été diffusé de manière aléatoire trois fois par chacun des 8 haut-parleurs pour un total de 24 diffusions du signal pour chaque situation. Après chacune des diffusions dans chaque situation, l'enfant montrait une image pour indiquer de quel haut-parleur le signal provenait (voir figure 2). Le résultat de chaque situation a été mesuré en pourcentage de réponses correctes.

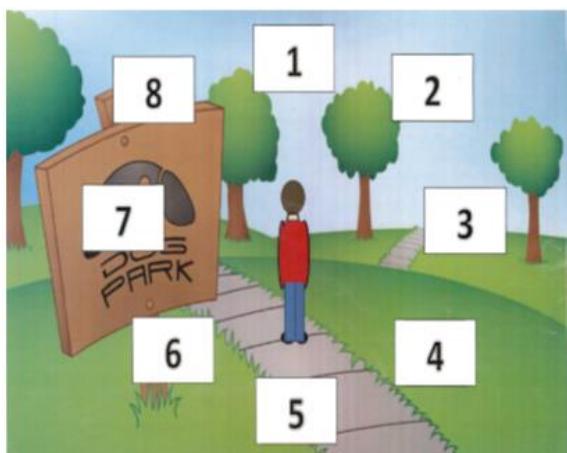


Figure 2. Formulaire de réponse utilisé pour l'évaluation des capacités de localisation. Les enfants montraient le chiffre correspondant au haut-parleur duquel ils pensaient que le signal provenait.

Préférence subjective en termes de technologie de gestion du bruit

La préférence subjective des enfants pour l'utilisation de différentes technologies de gestion du bruit a été évaluée dans la salle de classe. Le « Carrot Passage » du Connected Speech Test (Cox, Alexander, Gilmore, 1987) (« The carrot is a long, reddish-yellow vegetable which has several thin leaves and which belongs to the parsley family... ») a été diffusé à 73 dBA (mesuré au niveau du participant) et le bruit de la salle de classe (Schafer et Thibodeau, 2006) a été diffusé au même niveau (au même RSB) que celui utilisé pour chaque enfant lors de l'évaluation de la reconnaissance vocale dans le bruit.

La préférence subjective a été évaluée dans chacun des cinq programmes auditifs pour chacune des deux situations :

- 1) Le signal vocal a été diffusé à un angle azimutal de 0 degré et le bruit de la salle de classe a été diffusé par les haut-parleurs restants de l'ensemble de 8 haut-parleurs.
- 2) Le signal vocal a été diffusé à un angle azimutal de 180 degrés et le bruit de la salle de classe a été diffusé par les haut-parleurs restants de l'ensemble de 8 haut-parleurs.

Après avoir écouté l'intégralité du « Carrot Passage » dans un programme et une situation auditive, chaque enfant a été invité à classer les cinq programmes par ordre de préférence du meilleur (5) au moins bon (1). Les enfants étaient équipés d'une tablette tactile pendant l'évaluation et ajustaient un curseur pour classer chaque programme en termes de « confort » (« quel programme est le plus confortable ? »), de « reconnaissance vocale » (« quel programme te permet le mieux de comprendre les paroles ? ») et de « préférence globale » (« quel est ton programme préféré ? »). Voir la figure 3 pour un exemple d'écran de réponse.

Les enfants ont fourni un classement pour chacune des trois questions pour chacun des cinq programmes dans chacune des deux situations auditives pour un total de 30 classements. L'ordre dans lequel les programmes et les situations étaient évalués était compensé chez les différents sujets. L'évaluation de la préférence subjective était une évaluation en double aveugle puisque l'ordre des programmes était compensé et que l'enfant contrôlait la tablette.

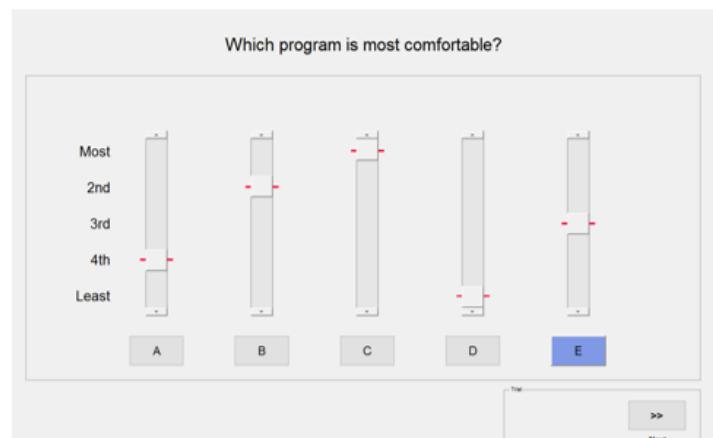


Figure 3. Exemple d'écran de réponse utilisé pour évaluer la préférence de l'enfant en termes de programmes auditifs. Les enfants ont classé les programmes par ordre de préférence (du meilleur au moins bon) après avoir écouté un discours tenu dans le bruit.

Résultats

Reconnaissance vocale dans le bruit

Les résultats moyens (avec des écarts-types) de l'évaluation de la reconnaissance vocale sont présentés dans la figure 4 (parole de face) et dans la figure 5 (parole de dos). Une analyse de variance de mesures répétées (RMANOVA) a été utilisée afin d'analyser les différences potentielles existant parmi les différents programmes et situations auditives. Les principaux effets des situations et des programmes auditifs se sont révélés statistiquement significatifs ($p < 0001$). Une reconnaissance vocale significativement plus élevée a été obtenue lorsque le signal vocal parvenait à l'enfant de face. Une interaction statistiquement significative s'est révélée entre programme auditif et situation auditive.

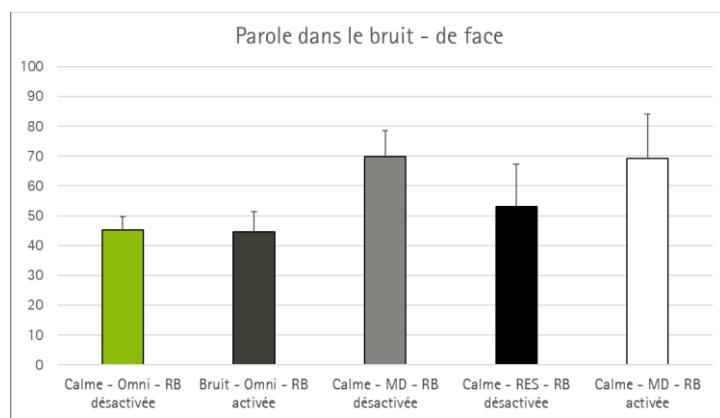


Figure 4. Résultats moyens de reconnaissance des phrases AzBio des différents programmes auditifs lorsqu'ils sont utilisés avec un signal vocal diffusé en face des enfants. Les barres d'erreurs indiquent un écart-type.

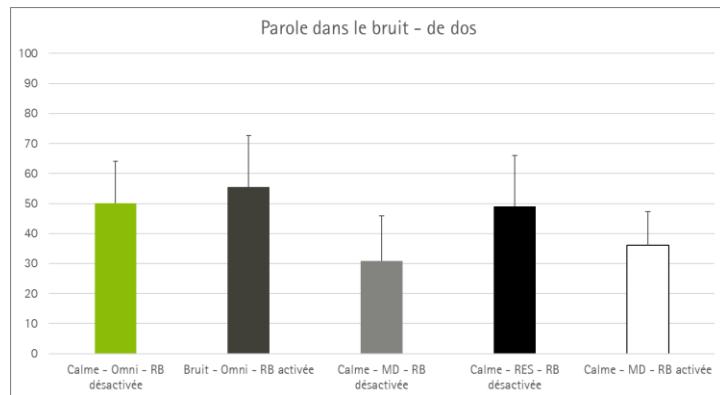


Figure 5. Résultats moyens de reconnaissance des phrases AzBio des différents programmes auditifs lorsqu'ils sont utilisés avec un signal vocal diffusé derrière les enfants. Les barres d'erreurs indiquent un écart-type.

En situation de parole de face, la reconnaissance des phrases dans le bruit a été meilleure dans chacune des situations de microphone directionnel adaptatif en comparaison avec les autres programmes. De plus, la reconnaissance des phrases dans le bruit a été significativement meilleure avec le programme dans lequel le mode microphone Real Ear Sound était activé par rapport aux programmes utilisant un mode microphone omnidirectionnel. Aucune différence

statistiquement significative n'a été observée au niveau de la reconnaissance des phrases entre la situation omnidirectionnelle avec la réponse gain-fréquence standard et la réduction du bruit désactivée et la situation omnidirectionnelle avec la réponse gain-fréquence brevetée et la réduction automatique du bruit.

Pour la situation de diffusion de la parole de dos, la reconnaissance des phrases dans le bruit a été significativement moins bonne dans les situations directionnelles adaptatives par rapport aux trois autres modes microphone. Aucune différence statistiquement significative n'a été observée au niveau de la reconnaissance des phrases dans le bruit obtenue avec les programmes omnidirectionnels et le programme Real Ear Sound. De plus, la réponse gain-fréquence et l'inclusion de la réduction automatique du bruit n'ont pas influencé la reconnaissance des phrases lorsque le signal vocal parvenait à l'auditeur de dos.

Localisation

Les résultats moyens des données de localisation sont présentés dans la figure 6. La capacité de localisation a été significativement meilleure avec le programme Real Ear Sound par rapport aux programmes fonctionnant avec deux autres modes microphone. Aucune différence statistiquement significative n'a été observée au niveau de la capacité de localisation obtenue avec l'utilisation des modes omnidirectionnels et des modes directionnels adaptatifs.

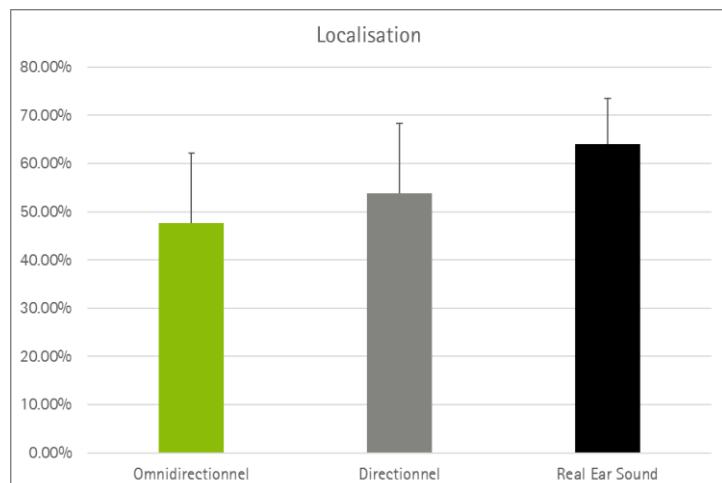


Figure 6. Résultats moyens (en pourcentage de réponses correctes) de la tâche de localisation avec chacun des trois modes microphone.

Préférence subjective

Deux tendances générales sont ressorties de cette évaluation de la préférence subjective en termes de technologie de gestion du bruit. Premièrement, la préférence subjective des enfants ne diffère pas en général selon les situations, parole de face ou parole de dos. Deuxièmement, les enfants expriment généralement une préférence pour l'utilisation de la technologie de gestion du bruit, quelle que soit la situation auditive. Les enfants ont en particulier exprimé une préférence pour l'utilisation de la technologie de microphone directionnel adaptatif au détriment de la technologie omnidirectionnelle en termes de confort auditif, de reconnaissance vocale et de préférence générale. La préférence d'utilisation de la technologie directionnelle adaptative a persisté même lorsque le signal était diffusé derrière l'enfant pour évaluer la reconnaissance vocale. De plus, les enfants ont eu tendance à exprimer une préférence pour l'utilisation de la réponse gain-fréquence brevetée de Phonak dans les situations bruyantes ainsi que pour l'utilisation de la réduction automatique du bruit. Une préférence très marquée a été exprimée pour l'utilisation combinée des trois technologies de gestion du bruit.

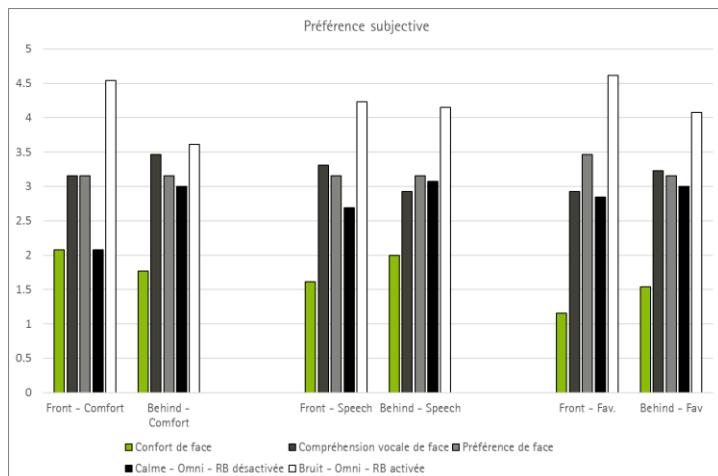


Figure 7. Classement moyen pour chacun des différents programmes auditifs obtenu lors de la tâche de préférence subjective. Confort = confort dans le bruit ; Parole = capacité à comprendre des paroles dans le bruit ; Préf. = préférence générale pour l'utilisation en situation de parole dans le bruit.

Conclusion

- 1) L'utilisation des technologies de gestion du bruit adaptatives Phonak peut considérablement améliorer (de 24 points de pourcentage) la reconnaissance des phrases dans le bruit lorsque le discours parvient de face à l'enfant dans une salle de classe. Cependant, l'utilisation d'une technologie de microphone directionnel adaptatif peut aussi entraîner une diminution de la reconnaissance vocale lorsque le signal cible parvient à l'enfant de dos. Ces résultats sont cohérents avec les résultats des études

précédentes (Ricketts, Tharpe et Galster, 2007 ; Wolfe et al., 2017). Il convient de noter que Wolfe et ses collègues (2017) ont clairement démontré que les enfants se retournent pour faire face au signal cible lorsque celui-ci est diffusé dans leur dos et lorsque les enfants s'orientent vers le signal cible, l'utilisation de la technologie de microphone directionnel améliore la reconnaissance vocale.

De la même manière, Ching et al. (2009) ainsi que Ricketts et Galster (2008) ont montré que les nourrissons et les enfants d'âge scolaire ont la capacité de s'orienter vers le signal cible. D'après les constats de Ching et al. (2009), un éminent chercheur dans le domaine des aides auditives, Harvey Dillon (2012), a suggéré que « les nourrissons et les enfants devraient systématiquement être équipés de microphones directionnels avancés dont ils tireraient un avantage considérable ».

- 2) Les résultats de cette étude n'ont établi aucun désavantage sur les capacités de localisation des enfants avec l'utilisation de la technologie directionnelle adaptative en lien avec la situation omnidirectionnelle. Il convient de noter que les enfants ont mieux réussi à localiser le son en utilisant le mode microphone Real Ear Sound Phonak qui vise à imiter l'effet acoustique du pavillon et à préserver la fonction de transfert liée au cerveau.
- 3) Le constat probablement le plus convaincant de cette étude est le fait qu'une écrasante majorité d'enfants ont exprimé une forte préférence pour l'utilisation combinée de la technologie de microphone directionnel adaptatif, de la réponse gain-fréquence dans les situations bruyantes brevetée de Phonak et de la réduction automatique du bruit. La préférence des enfants pour l'utilisation de la technologie de microphone directionnel adaptatif a persisté même lorsque le signal cible provenait de derrière.

En effet, les études précédentes ont suggéré que les enfants ayant une perte auditive éprouvaient des difficultés à entendre dans le bruit et ressentaient du stress et de la fatigue dans les situations auditives réelles (Hornsby et al., 2017 ; Scollie et al., 2010). Les résultats de Scollie et al. (2010) ont également suggéré que les enfants préféraient une plus grande réduction du bruit dans les situations bruyantes. Étant donné les difficultés bien connues auxquelles les enfants souffrant de perte auditive font face dans

les situations bruyantes (une reconnaissance vocale faible, un confort auditif faible, du stress, de la fatigue, une charge cognitive) et les résultats de cette étude suggérant une forte préférence pour l'utilisation de la technologie de gestion du bruit, même lorsque le signal cible parvient de dos, les cliniciens devraient prendre sérieusement en considération l'utilisation régulière de technologies de gestion du bruit adaptatives avancées chez les enfants souffrant de perte auditive.

Références

- American Academy of Audiology Task Force on Pediatric Amplification (2013). American Academy of Audiology Clinical Practice Guideline on Pediatric Amplification. Retrieved on June 28, 2016, from <http://audiology-web.s3.amazonaws.com/migrated/PediatricAmplificationGuidelines.pdf>
- Bagatto, M., Scollie, S. D., Hyde, M., & Seewald, R. (2010). Protocol for the provision of amplification within the Ontario Infant Hearing Program. *International Journal of Audiology*, 49(1), 70-90.
- Ching, T. Y., O'Brien, A., Dillon, H., Chalupper, J., Hartley, L., Hartley, D., Raicevich, G., & Hain, J. (2009). Directional effects on infants and young children in real life: implications for amplification. *Journal of Speech and Language Hearing Research*, 52(5), 1241-1254.
- Cox, R. M., Alexander, G. C., & Gilmore, C. (1987). Development of the Connected Speech Test (CST). *Ear and Hearing*, 8(5), 119-126.
- Cruckley, J., Scollie, S., & Parsa, V. (2011). An exploration of nonquiet listening at school. *Journal of Educational Audiology*, 17, 23-35.
- Dillon, H. (2012). Hearing Aids. New York, NY: Thieme Medical Publishers.
- Feilner, M., Rich, S., & Jones, C. (2016). Automatic and directional for kids – Scientific background and implementation of pediatric optimized automatic functions. *Phonak Insight*, retrieved from www.phonakpro.com/evidence, accessed February 19th, 2018.
- Gravel, J. S., Fausel, N., Liskow, C., & Chobot, J. (1999). Children's speech recognition in noise using omnidirectional and dual-microphone hearing aid technology. *Ear and Hearing*, 20(1), 1-11.
- Hornsby, B. W. Y., Gustafson, S. J., Lancaster, H., Cho, S. J., Camarata, S., & Bess, F. H. (2017). Subjective fatigue in children with hearing loss assessed using self- and parent-proxy report. *American Journal of Audiology*, 26(S), 393-407.
- Kuk, F., Kollofski, C., Brown, S., Melum, A., & Rosenthal, A. (1999). Use of a digital hearing aid with directional microphones in school-aged children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10(10), 535-548.
- Massie, R., & Dillon, H. (2006). The impact of sound-field amplification in mainstream cross-cultural classrooms, Part 1: Educational outcomes. *Australian Journal of Education*, 50, 62-77.
- Ontario Infant Hearing Program (OIHP) (2014). Protocol for the Provision of Amplification Version 2014.01, November 17, 2014.
- Pearsons, K. S., Bennett, R. L., & Fidell, S. (1977). Speech levels in various noise environments (Report No. EPA-600/1-77-025) Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Pittman, A. (2011). Age-related benefits of digital noise reduction for short-term word learning in children with hearing loss. *Journal of Speech and Language Hearing Research*, 54, 1448-1463.
- Ricketts, T., & Galster, J. (2008). Head angle and elevation in classroom environments: Implications for amplification. *Journal of Speech and Language Hearing Research*, 51, 516-525.
- Ricketts, T., Galster, J., & Tharpe, A. M. (2007). Directional benefit in simulated classroom environments. *American Journal of Audiology*, 16(2), 130-144.
- Schafer, E. C., & Thibodeau, L. M. (2006). Speech recognition in noise in children with cochlear implants while listening in bilateral, bimodal, and FM-system arrangements. *American Journal of Audiology*, 15(2), 114-126.
- Scollie, S., Ching, T. Y. C., Seewald, R., Dillon, H., Britton, L., Steinberg, J., & Corcoran, J. (2010). Evaluation of the NAL-NL1 and DSL v4.1 prescriptions for children: Preference in real world use. *International Journal of Audiology*, 49, 49-63.
- Spahr, A. J., Dorman, M. F., Litvak, L. M., Van Wie, S., Gifford, R. H., & Loizou, P. C. (2012). Development and validation of the AzBio sentence lists. *Ear and Hearing*, 33(1), 112-117.
- Stelmachowicz, R., Lewis, D., Hoover, B., Nishi, K., McCreery, R., Woods, W. (2010). Effects of digital noise reduction on speech perception for children with hearing loss. *Ear and Hearing*, 31(3), 345-355.
- Wolfe, J., Duke, M., Schafer, E., Jones, C., & Rakita, L. (2017). Evaluation of adaptive noise management technologies for school-age children with hearing loss. *Journal of the American Academy of Audiology*, 28(5), 415-435.
- Wolfe, J., Duke, M., Schafer, E., Jones, C., Rakita, L., & Battles, J. (2017). Evaluation of a remote microphone system with tri-microphone beamformer. Manuscript submitted for publication to the *Journal of the American Academy of Audiology*.
- Wolfe, J., Morais, M., Neumann, S., Schafer, E., Mulder, H., Wells, N., John, A., & Hudson, M. (2013). Evaluation of speech recognition with personal FM and classroom audio distribution systems. *Journal of Educational Audiology*, 19, 65-79.

Auteurs et chercheurs



Le Dr Jace Wolfe est professeur adjoint au service Audiologie de l'University of Oklahoma Health Sciences Center et de la Salus University. Il propose des services cliniques aux enfants et adultes ayant une perte auditive. Il est notamment spécialisé dans l'amplification pédiatrique et l'implantation cochléaire, les systèmes FM personnels et le traitement du signal chez les enfants.



Christine Jones a rejoint Phonak en 2001. Elle travaille actuellement comme directrice du Phonak Audiology Research Center (PARC) où elle dirige un programme de recherche clinique interne et externe. Avant de reprendre ce poste, Christine était responsable du département Pédiatrie de Phonak US et dirigeait des recherches cliniques pédiatriques au PARC. Christine est diplômée en audiologie à l'université de Vanderbilt et a obtenu son doctorat en audiologie à l'université de Central Michigan.



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.

Mila Duke, docteur en audiologie
Stephanie Bledsoe, B.S.
Dr Erin Schafer