

Pediatric Focus 1

Janvier 2017 – Dawna Lewis & Marlene Bagatto

Utilisation du microphone directionnel dans les appareillages pédiatriques

Introduction

La recommandation et l'adaptation d'aides auditives chez les nourrissons deviennent de plus en plus fréquentes, en raison du dépistage et d'un traitement auditifs (EHDI) plus précoces. Même si l'objectif principal d'un appareillage précoce consiste à améliorer l'accès à la parole afin d'encourager le développement de la communication, les besoins auditifs des enfants changent avec l'âge. Leur univers s'élargit, exposant alors les enfants à différents environnements sonores et différents orateurs. L'association de plusieurs sources sonores avec l'impact du monde réel peuvent complexifier l'accès à la parole claire pour l'enfant en plein développement.

La communication a lieu en général dans des environnements complexes dans lesquels les conditions acoustiques peuvent avoir un impact négatif sur l'audibilité du signal vocal. Un corpus de recherche considérable a montré que la compréhension vocale chez les enfants normo-entendants souffrait davantage des conditions acoustiques négatives par rapport aux adultes (ex., McCreery et al., 2010 ; Neuman, et al., 2010 ; Wroblewski et al., 2012 ; Yang & Bradley, 2009).

Les mauvaises conditions acoustiques affectent également les performances des enfants dans les domaines liés à la réussite scolaire (ex., Dockrell & Shield, 2006 ; Klatte, Hellbruck, et al., 2010 ; également Anderson, 2001, pour révision). Les effets néfastes des mauvaises conditions acoustiques sont plus importants chez les enfants souffrant d'une perte auditive que chez les enfants normo-entendants (ex., Crandell & Smaldino, 2000 ; Hicks & Tharpe, 2002 ; Stelmachowicz et al., 2001).

Il a été prouvé que les technologies d'assistance auditive avec microphone déporté améliorent le rapport signal sur bruit (RSB) chez les enfants souffrant d'une perte auditive dans des situations dans lesquelles le bruit, la distance et la réverbération réduisent l'audibilité de la parole de l'orateur (Anderson & Goldstein, 2004 ; Anderson et al., 2005 ; Hawkins, 1984 ; Pittman et al., 1999 ; Thibodeau, 2010 ; Wolfe et al., 2013). Ces technologies offrent une amélioration considérable du RSB, mais ne représentent pas nécessairement une solution appropriée en raison de la nécessité d'utiliser un microphone émetteur séparé. Des

technologies de gestion du bruit sont déjà disponibles dans les aides auditives pédiatriques comme les réducteurs de bruit adaptatifs (ANR) et les microphones directionnels. Aujourd'hui, les recommandations pour l'appareillage pédiatrique (2013) de l'American Academy of Audiology (AAA) préconisent d'envisager de façon systématique ces technologies. Récemment, davantage d'informations ont été fournies pour envisager l'application et la vérification de la technologie ANR dans les appareillages pédiatriques (Scollie et al., 2016). La documentation est moins fournie concernant l'utilisation des microphones directionnels pour les enfants.

L'objectif de ce document destiné aux audioprothésistes consiste à examiner les études actuelles liées à l'utilisation des microphones directionnels pour les enfants (*Ce que nous savons*), décrire les informations supplémentaires dont nous avons besoin pour guider nos recommandations cliniques (*Ce que nous devons apprendre*) et proposer des méthodes pour progresser, reposant sur les études disponibles (*Ce que nous devons envisager pendant ce temps*). Ce document contient également un résumé des informations pouvant être partagé avec les professionnels travaillant avec des enfants souffrant d'une perte auditive ou avec leurs soignants (*Informations sommaires pour les professionnels et les soignants*). Il se termine par la section *Références et lectures* pour les professionnels, qui propose des informations plus détaillées sur les sujets abordés dans ce document.

Ce que nous savons

Les recherches concernant les avantages des microphones directionnels pour les enfants souffrant d'une perte auditive sont limitées. Les références suivantes comprennent des études des années 90 jusqu'à nos jours, mais les études individuelles ne sont pas exposées à moins d'avoir été publiées après les rapports globaux. À la fin de ce document, le lecteur pourra trouver les références de ces études individuelles. Il est important de noter que les études concernant directement l'utilisation des microphones directionnels chez les nourrissons/bébés ne sont actuellement pas disponibles.

McCreery, R., Venediktov, R., Coleman, J., & Leech, H. (2012). An evidence-based systematic review of directional microphones and digital noise reduction hearing aids in school-age children with hearing loss. *American Journal of Audiology*, 21, 295–312

McCreery et ses collègues (2012) ont effectué un examen approfondi des preuves, qui incluait les études qualifiées analysant l'efficacité des microphones directionnels chez les enfants d'âge scolaire souffrant d'une perte auditive. Cet

examen approfondi utilise des critères stricts d'inclusion des études dans le corpus de documents (cf. document original pour connaître ces critères). Les auteurs ont exposé les résultats de sept études publiées entre 1981 et 2011, qui correspondaient aux critères de l'examen approfondi. De ces études, ils ont rapporté les résultats suivants :

- Reconnaissance vocale
 - Les microphones directionnels étaient plus efficaces que les microphones omnidirectionnels lorsque la parole provenait de l'avant et le bruit de l'arrière des patients.
 - Les microphones omnidirectionnels étaient plus efficaces lorsque la parole n'arrivait pas directement face aux patients.
- Avis personnel ou avis des parents
 - Les enfants ont préféré les microphones directionnels par rapport aux microphones omnidirectionnels dans la majorité des situations dans une étude, mais aucune différence n'a été remarquée entre les deux types de microphones dans une autre étude, comme indiqué par les enfants et leurs parents.

En se reposant sur leur examen des preuves, les auteurs ont conclu que : « Étant donné le nombre d'environnements acoustiques potentiels qu'un enfant d'âge scolaire peut rencontrer chez lui, à l'école ou avec ses amis, les microphones directionnels peuvent lui être bénéfiques dans certaines situations et équivoques ou néfastes dans certaines autres. » (p. 309)

American Academy of Audiology. (2013). Clinical practice guidelines on pediatric amplification. Extraites de www.audiology.org/resources/documentlibrary/Documents/PediatricAmplificationGuidelines.pdf

Les directives de l'AAA (2013) fournissent une base pouvant être utilisée par les cliniciens pour prendre des décisions concernant l'appareillage pédiatrique. Dans ces directives, les recherches et l'expérience clinique ont été utilisées afin de rédiger des recommandations. Les microphones directionnels sont traités dans la section sur le traitement du signal audio des aides auditives. Les références de cette base comprennent des études portant aussi bien sur les adultes que sur les enfants. Les résultats suivants découlent de ces études :

- Adultes (12 références)
 - Les microphones directionnels ont amélioré la compréhension de la parole dans de nombreux environnements bruyants, mais pas tous.
 - Les microphones directionnels adaptatifs ont apporté de légers avantages directionnels par rapport aux microphones directionnels traditionnels, sans aucune conséquence négative.
- Enfants (4 références)
 - Les microphones directionnels ont apporté des avantages dans une simulation d'environnement scolaire lorsque l'enfant faisait face au signal cible mais celui-ci montrait de plus grandes difficultés lorsque le signal cible provenait de derrière.
 - Les avantages d'un microphone directionnel étaient moins probants que ceux obtenus avec une technologie d'assistance auditive avec microphone FM déporté.

Les recommandations suivantes ont été établies, selon l'examen des études :

- Ne pas utiliser de microphone directionnel en continu.
 - Les microphones directionnels peuvent être recommandés pour les enfants dans certains environnements, tout en sachant qu'ils risquent de réduire l'audibilité des orateurs décalés.
 - Une technologie qui fait passer automatiquement le microphone du mode directionnel au mode omnidirectionnel doit être prise en compte, tout en gardant à l'esprit que le professionnel est responsable de la compréhension des fonctions d'un programme adaptatif ainsi que des environnements dans lesquels elle est adaptée. De plus, le mode omnidirectionnel peut être préféré au mode automatique dans certains cas.
- Les systèmes de microphones déportés offrent des améliorations du RSB égales ou supérieures aux microphones directionnels des aides auditives lorsque ces systèmes sont prescrits/utilisés convenablement.

Protocol for the Provision of Amplification within the Ontario Infant Hearing Program (MCYS, 2014; <http://www.dslio.com/wp-content/uploads/2015/05/DSL5-Pediatric-Protocol.2014.01.pdf>)

Ce protocole a été développé par le programme de dépistage néonatal de l'Ontario (IHP, Ministère des services à l'enfance et à la jeunesse de l'Ontario, 2014) pour traiter de l'amplification des nourrissons et des élèves des écoles maternelles souffrant d'une perte auditive. Le protocole

s'aligne sur les directives de l'AAA (2013) et propose des détails supplémentaires pour mettre en œuvre les recommandations. La section concernant la gestion du bruit traite de l'utilisation des microphones directionnels chez les nourrissons et les élèves des écoles maternelles. Le protocole IHP indique que :

Les microphones directionnels peuvent être bénéfiques pour l'enfant appareillé si ce dernier fait face à la cible et que le bruit ambiant provient d'autres directions. Cependant, l'orientation de la tête vers les orateurs n'est pas très précise à cet âge-là. De plus, l'audition excessive et l'apprentissage incident demandent à cette population d'entendre les orateurs depuis plusieurs directions, autres que l'avant.

- Actuellement, les études scientifiques concernant l'utilisation d'un microphone directionnel, l'audition spatiale et les avantages dans le monde réel pour cette population n'est pas fournie.
- Une formation concernant l'utilisation correcte d'un microphone directionnel peut être nécessaire pour assurer une utilisation adaptée.

Les recommandations suivantes ont été établies, selon l'examen des études :

- L'utilisation en continu des microphones directionnels n'est pas recommandée chez cette population.
- L'utilisation partielle des microphones directionnels peut être considérée au cas par cas, avec une surveillance appropriée.

Ce que nous devons apprendre

Nous devons en apprendre davantage sur les caractéristiques des microphones directionnels et leur interaction avec les besoins des jeunes patients appareillés. Les microphones directionnels fonctionnent mieux lorsque la zone la plus sensible du microphone est dirigée vers le signal cible. D'après les recherches disponibles concernant les enfants d'âge scolaire, il semble que leur comportement visuel ait un impact sur les avantages offerts par les microphones directionnels et, souvent, ils ne font pas face à l'orateur. De plus, les jeunes auditeurs ont besoin d'avoir accès aux sons de toutes les directions afin d'encourager l'apprentissage incident et la reconnaissance des sons provenant de différents endroits, appuyant alors les recommandations conseillant un usage partiel du microphone directionnel.

Des microphones directionnels fixes (par ex. tracé polaire) sont disponibles et peuvent être activés manuellement ou automatiquement sur les aides auditives. Les microphones directionnels activés manuellement sont adaptés pour les enfants ou les soignants conscients des situations dans lesquelles la technologie peut être bénéfique et lorsque l'enfant peut s'orienter correctement vers le signal cible. Les microphones directionnels automatiques réduisent l'erreur humaine. Toutefois, l'interaction entre le choix de l'aide auditive de sa sensibilité microphonique par rapport au point d'intérêt et les besoins du patient n'est pas tout à fait maîtrisée. De plus, les microphones directionnels adaptatifs peuvent représenter une solution pour des besoins auditifs variés, mais ils n'ont pas été validés. Dans l'ensemble, nous avons besoin de mieux comprendre les différentes applications des microphones directionnels dans les aides auditives des enfants.

L'impact des microphones directionnels sur l'audibilité vocale ainsi que le bénéfice global d'un RSB amélioré doivent être approfondis. Un protocole de vérification clair pour évaluer ces sujets cliniques importants est nécessaire pour encourager l'utilisation de microphones directionnels dans les appareillages pédiatriques.

Alors que nous en apprenons davantage sur la technologie des microphones directionnels et sur les façons de la vérifier, nous devons définir les critères de candidature. Pour les enfants porteurs d'aides auditives avec qui nous travaillons, nous avons besoin d'outils permettant d'appuyer (ou non) nos recommandations cliniques concernant les microphones directionnels. Il est important de comprendre l'impact que peut avoir l'application sur le développement de la communication chez les enfants d'un certain âge (ex. 6 mois vs 6 ans) et selon leur degré de perte auditive (ex. perte légère vs sévère). De plus, les combinaisons incluant des microphones directionnels et d'autres technologies telles que l'ANR et les technologies d'assistance auditive avec microphone déporté ont un réel intérêt dans la gestion de nos jeunes patients. L'utilisation de résultats de mesures sensibles à l'impact des environnements bruyants peut permettre de déterminer la nécessité d'un microphone directionnel et, avec les outils appropriés, d'évaluer son impact.

Même si, ces dernières années, des études concernant l'utilisation de microphones directionnels chez les enfants souffrant d'une perte auditive ont été publiées, nous avons besoin de mieux comprendre encore la technologie, par exemple en définissant les conditions nécessaires pour la candidature et en effectuant une vérification et une

validation cliniques chez les nourrissons, les bébés et les enfants d'âge scolaire.

Ce que nous devons envisager pendant ce temps

Il est important de s'assurer que les soignants participent à la prise de décision. En attendant la publication d'autres études permettant d'orienter nos recommandations concernant l'utilisation des microphones directionnels dans les appareillages pédiatriques, les soignants doivent être informés de l'état actuel de la technologie et des études concernant son utilisation ou sa non-utilisation. La nécessité d'utiliser un microphone directionnel peut être identifiée lors d'un échange avec des soignants ou d'autres membres de l'équipe et des résultats issus d'examen formels. Certains tests de mesures des résultats (ex., Parents' Evaluation of Aural/Oral Performance of Children [PEACH], Ching & Hill, 2007) disposent d'éléments se rapportant aux environnements bruyants pouvant ouvrir la discussion concernant l'utilisation de microphones directionnels ou d'autres technologies de gestion du bruit. La motivation et la réactivité des soignants sont essentielles à une utilisation et une surveillance efficaces.

De plus, la disponibilité des microphones directionnels dans la plupart des aides auditives destinées aux enfants est pratique, de sorte que leur activation représente une option envisageable pour des essais. Réaliser des tests d'évaluations des résultats pour mesurer les bénéfices en fonction de l'activation du microphone directionnel permettra d'ajuster les prochains réglages. De plus, si les grands centres pédiatriques ou les programmes de dépistage et de traitement auditifs (EHDI) développent des protocoles pour l'application, la vérification et le contrôle de l'utilisation des microphones directionnels chez les enfants, cela peut apporter davantage d'informations sur l'impact de cette technologie et étayer les études actuelles.

Même si nous avons besoin de davantage de recherches concernant l'utilisation des microphones directionnels chez les enfants souffrant d'une perte auditive, notamment chez les nourrissons et les bébés, les résultats existants ont contribué au développement de directives et de protocoles pour les audioprothésistes spécialistes de l'enfant, qui envisagent désormais cette technologie pour leurs jeunes patients. Pendant ce temps, les discussions informatives avec la famille de l'enfant et les autres membres de l'équipe, permettant de partager les connaissances actuelles et d'encourager une surveillance collaborative lorsque la

technologie est utilisée, sont nécessaires. Un enfant souffrant d'une perte auditive doit avoir accès à la parole dans de nombreuses situations auditives et il est important pour lui de bien comprendre comment les microphones directionnels peuvent lui permettre d'atteindre cet objectif.

Informations sommaires concernant les professionnels et les soignants

Les microphones directionnels sont déjà disponibles dans les aides auditives pédiatriques mais ne sont souvent pas activés lors des premières étapes du développement du langage. En effet, l'enfant équipé doit tourner la tête vers l'orateur pour pouvoir profiter au maximum de cette technologie. Les recherches montrent que cette capacité n'est pas encore très développée chez les jeunes enfants et que les microphones directionnels risquent donc de réduire le volume de la parole que l'enfant a besoin d'entendre pour acquérir correctement des compétences de communication. Même si certains microphones directionnels tentent de s'orienter automatiquement vers la parole, ils peuvent répondre différemment dans différentes situations. De plus, des protocoles efficaces de vérification de l'activité des microphones directionnels par les audioprothésistes ne sont pas encore bien développés.

Jusqu'à ce que les audioprothésistes puissent garantir que cette technologie offre un accès cohérent à la parole en présence de bruit chez les nourrissons et les jeunes enfants, les recommandations cliniques conseillent d'éviter d'activer les microphones directionnels en continu. Une utilisation partielle peut être envisagée tant que l'impact est surveillé de près par tous les professionnels de soin. Pour les enfants plus âgés, qui ont suffisamment de maturité pour comprendre le fonctionnement des microphones directionnels et qui peuvent les utiliser de façon correcte, ils représentent une option envisageable. L'accès aux technologies d'assistance auditive avec microphone déporté doit rester une option envisageable pour combattre les effets négatifs du bruit chez les nourrissons et les enfants souffrant d'une perte auditive.

Références et lectures

Bruit et réverbération – enfants normo-entendants

- Anderson, K. (2001). Kids in noisy classrooms: What does the research really say? *Journal of Educational Audiology*, 9, 21-33.
- Bradley, J., & Sato, H. (2008). The intelligibility of speech in elementary school classrooms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123, 2078-2086.
- Dockrell, J. & Shield, B. (2006). Acoustical barriers in classrooms; the impact of noise on performance in the classroom. *British Educational Research Journal*, 32, 509-525.
- Elliott, L. (1979). Performance of children aged 9 to 17 years on a test of speech intelligibility in noise using sentence material with controlled word predictability. *Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 651-653.
- Fallon, M., Trehub, S., & Schneider, B. (2000). Children's perception of speech in multitalker babble. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 3023-3029.
- Fallon, M., Trehub, S., & Schneider, B. (2002). Children's use of semantic cues in degraded listening environments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 111(5 Pt 1), 2242-2249.
- Hygge, S., Evans, G., & Monika, B. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in school children. *Psychological Science*, 13, 469-474.
- Jamieson, D. G., Kranjc, G., Yu, K., et al. (2004). Speech intelligibility of young school-aged children in the presence of real-life classroom noise. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15, 508-517.
- Johnson, C. (2000). Children's phoneme identification in reverberation and noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 144-157.
- Klatte, M., Hellbrück, J., Seidel, J., & Leistner, P. (2010). Effects of classroom acoustics on performance and well-being in elementary school children. *Environment & Behavior*, 42, 659-692.
- Klatte, M., Lachmann, T., & Meis, M. (2010). Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting. *Noise & Health*, 12, 270-282.
- McCreery, R., Ito, R., Spratford, M., Lewis, D., Hoover, B., & Stelmachowicz, P. (2010). Performance-intensity functions for normal-hearing adults and children using computer-aided speech perception assessment. *Ear & Hearing*, 31, 95-101.
- McCreery, R. & Stelmachowicz, P. (2013). The effects of limited bandwidth and noise on verbal processing time and word recall in normal-hearing children. *Ear & Hearing*, 34, 585-591.

- Neuman, A., & Hochberg, I. (1983). Children's perception of speech in reverberation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 73, 2145–2149.
- Neuman, A., Wroblewski, M., Hajicek, J., et al. (2010). Combined effects of noise and reverberation on speech recognition performance of normal hearing children and adults. *Ear & Hearing*, 31, 336–344.
- Nittrouer, S. & Boothroyd, S. (1990). Context effects in phoneme and word recognition by young children and older adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87, 2705–2715.
- Shield, B., & Dockrell, J. (2008). The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123, 44–133. doi:10.1121/1.2812596.
- Wroblewski, M., Lewis, D., Valente, D., et al. (2012). Effects of reverberation on speech recognition in stationary and modulated noise by school aged children and young adults. *Ear & Hearing*, 33, 731–744.
- Yang, W., & Bradley, J. S. (2009). Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms for young children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 922–933.

Bruit et réverbération – enfants atteints d'une perte auditive

- Ching, T. & Hill, M. (2007). The Parents' Evaluation of Aural/Oral Performance of Children (PEACH) scale: normative data. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18, 220–235.
- Crandell, C. & Smaldino, J. (1994). An update of classroom acoustics for children with hearing impairment. *Volta Review*, 96, 291–306.
- Finitzo-Hieber, T. & Tillman, T. (1978). Room acoustics effects on monosyllabic word discrimination ability for normal and hearing-impaired children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 21, 440–458.
- Hicks, C.B. & Tharpe, A.M. (2002). Listening effort and fatigue in school-age children with and without hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 573–584.
- Iglehart, F. (2009). Combined effects of classroom reverberation and noise on speech perception by students with typical and impaired hearing. Paper presented at Inter-Noise 2009, Ottawa, Ontario, Canada.
- Leibold L., Hillock-Dunn A., Duncan N., Roush P., Buss E. (2013). Influence of hearing loss on children's identification of spondee words in a speech-shaped noise or a two-talker masker. *Ear & Hearing*, 34, 575–584.
- Stelmachowicz, P., Pittman, A., Hoover, B., & Lewis, D. (2001). Effect of stimulus bandwidth on the perception of /s/ in normal- and hearing-impaired children and adults.

Journal of the Acoustical Society of America, 110, 2183–2190.

Technologies d'assistance auditive avec microphone déporté – enfants atteints d'une perte auditive et utilisateurs d'aides auditives

- Anderson, K., & Goldstein, H. (2004). Speech perception benefits of FM and infrared devices to children with hearing aids in a typical classroom. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 35, 169–184.
- Anderson, K., Goldstein, H., Colodzin, L., & Iglehart, F. (2005). Benefit of S/N enhancing devices to speech perception of children listening in a typical classroom with hearing aids or a cochlear implant. *Journal of Educational Audiology*, 12, 14–28.
- Hawkins, D. (1984). Comparisons of speech recognition in noise by mildly-to-moderately hearing-impaired children using hearing aids and FM systems. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 49, 409–418.
- Pittman, A., Lewis D., Hoover B., Stelmachowicz, P. (1999). Recognition performance for four combinations of FM system and hearing aid microphone signals in adverse listening conditions. *Ear & Hearing*, 20, 279–289.
- Thibodeau, L. (2010). Benefits of adaptive FM systems on speech recognition in noise for listeners who use hearing aids. *American Journal of Audiology*, 19, 36–45.
- Wolfe, J., Morais, M., Neumann, S., et al. (2013). Evaluation of Speech Recognition with Personal FM and Classroom Audio Distribution Systems. *Journal of Educational Audiology*, 19, 65–79.

Microphones directionnels – adultes atteints d'une perte auditive

- Bentler, R. (2005). Effectiveness of directional microphones and noise reduction schemes in hearing aids: a systematic review of the evidence. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 473–484.
- Kuk, F., Keenan, D., Lau C., & Ludvigsen, C. (2005). Performance of a fully adaptive directional microphone to signals presented from various azimuths. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 333–347.
- Mackenzie, E. & Lutman, M. (2005). Speech recognition and comfort using hearing instruments with adaptive directional characteristics in asymmetric listening conditions. *Ear & Hearing*, 26, 669–679.
- Mueller, H., Weber, J., & Hornsby, B. (2006). The effects of digital noise reduction on the acceptance of background noise. *Trends in Amplification*, 10, 83–93.
- Palmer, C., Bentler, R., & Mueller, H. (2006). Amplification with digital noise reduction and the perception of annoying and aversive sounds. *Trends in Amplification*, 10, 95–104.

- Ricketts, T., Henry, P., & Gnewikow, D. (2003). Full time directional versus user selectable microphone modes in hearing aids. *Ear & Hearing*, 24, 424-39.
- Ricketts, T., Henry, P., & Hornsby, B. (2005). Application of frequency importance functions to directivity for prediction of benefit in uniform fields. *Ear & Hearing*, 26, 473-486.
- Ricketts, T. & Hornsby, B. (2005). Sound quality measures for speech in noise through a commercial hearing aid implementing digital noise reduction. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 270-277.
- Ricketts, T. & Hornsby, B. (2006). Directional hearing aid benefit in listeners with severe hearing loss. *International Journal of Audiology*, 45, 190-197.
- Walden, B., Surr, R., Cord, M., et al. (2007). The robustness of hearing aid microphone preferences in everyday listening environments. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18, 358-379.
- Yuen, K., Kam, A., & Lau, P. (2006). Comparative performance of an adaptive directional microphone system and a multichannel noise reduction system. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17, 241-252.
- Pittman, A. & Hiipakka, M. (2013). Hearing impaired children's preference for, and performance with, four combinations of directional microphone and digital noise reduction technology. *Journal of the American Academy of Audiology*, 24, 832-44.
- Ricketts, T.A. & Galster, J. (2008). Head angle and elevation in classroom environments: implications for amplification. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 516-525.
- Ricketts, T., Galster, J., & Tharpe, A. M. (2007). Directional benefit in simulated classroom environments. *American Journal of Audiology*, 16, 130-143.
- Ricketts, T. & Picou, E. (2013). Speech recognition for bilaterally asymmetric and symmetric hearing aid microphone modes in simulated classroom environments. *Ear & Hearing*, 34, 601-609.
- Wouters, J., Litière, L., & van Wieringen, A. (1999). Speech intelligibility in noisy environments with one- and two-microphone hearing aids. *Audiology*, 38, 91-98.
- Protocol for the Provision of Amplification (infants and preschool children; Ontario IHP, 2014). Retrieved from <http://www.dslio.com/wp-content/uploads/2015/05/DSL5-Pediatric-Protocol.2014.01.pdf>

Microphones directionnels – enfants atteints d'une perte auditive

- American Academy of Audiology. (2013). Clinical practice guidelines on pediatric amplification. Retrieved from www.audiology.org/resources/documentlibrary/Documents/PediatricAmplificationGuidelines.pdf.
- Auriemma, J., Kuk, F., Lau, C., et al. (2009). Efficacy of an adaptive directional microphone and a noise reduction system for school aged children. *Journal of Educational Audiology*, 15, 15-27.
- 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 & Hearing*, 20, 1-11.
- Hawkins, D. B. (1984). Comparisons of speech recognition in noise by mildly-to-moderately hearing-impaired children using hearing aids and FM systems. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 49, 409-418.
- 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, 535-548.
- McCreery, R., Venediktov, R., Coleman, J., & Leech, H. (2012). An evidence-based systematic review of directional microphones and digital noise reduction hearing aids in school-age children with hearing loss. *American Journal of Audiology*, 21, 295-312.

Auteurs



Dawna Lewis, PhD
Directrice du Listening & Learning Laboratory
Boys Town National Research Hospital, États-Unis



Marlene Bagatto, AuD, PhD
Associée de recherche
Université de Western Ontario, Canada