



Speech-Language & Audiology Canada
Orthophonie et Audiologie Canada
Communicating care | *La communication à coeur*

Exposé de position sur **l'acoustique en salle de classe**

Orthophonie et Audiologie Canada
#1000-1 rue Nicholas St.
Ottawa, ON K1N 7B7
613.567.9968
1.800.259.8519
info@sac-oac.ca
www.oac-sac.ca

mai 2019

Membres du comité

1. Reanne Pernitsky, Aud (Présidente du comité depuis juin 2018)
2. Anick Lamarche, O(C) (Présidente du comité de décembre 2017 à mai 2018)
3. Janace Daley, Aud
4. Annabel Dupuis-Fowler, Aud(C)
5. Zara Gauthier, Orthophoniste
6. Maureen Penko, O(C)
7. Linda Ramage, O(C)
8. Lynda Gibbons, Aud(C), Agente de liaison du personnel d'OAC et Conseillère en audiologie

Un exposé de position représente la position adoptée par OAC sur un sujet particulier. Elle peut également offrir des lignes directrices pour des champs d'exercice particuliers. Pareilles positions représentent une réflexion à un moment précis dans le temps.

Position

Orthophonie et Audiologie Canada (OAC) soutient la position que le Canada, ses provinces et territoires doivent adopter des modifications à leurs codes du bâtiment respectifs afin d'y inclure des normes au sujet de l'acoustique dans les salles de classe. Ces normes sont essentielles pour optimiser l'apprentissage, l'enseignement, de même que la santé et la qualité de vie en général. OAC reconnaît l'incidence négative qu'une piètre acoustique en salle de classe peut avoir sur l'apprentissage des élèves, ainsi que ses effets négatifs sur la santé des **enseignants** et des élèves en bas âge et en milieu scolaire.

Contexte

La capacité d'entendre, d'écouter et de traiter efficacement l'information auditive est essentielle à l'apprentissage de tous les élèves. Bien que la configuration des salles de classe et les façons d'enseigner aient changé au fil des ans, la question du bruit ambiant demeure un défi de taille (Crandall et Smaldino, 2000; Shield, Greenland et Dockrell, 2010). Beaucoup d'études indiquent que les normes acoustiques recommandées pour le niveau sonore ne sont pas respectées dans la majorité des salles de classe (Crandell et Smaldino, 2000; Rubin, Flagg-Williams, Aquino-Russell et Lushington, 2011). Les enfants travaillent souvent dans des salles où le niveau sonore est égal à la voix de l'enseignant ou plus élevé que celle-ci, ce qui amène les élèves à écouter dans une « mer de bruits ». (Anderson, 2004; Hodgson et Nosol, 2002; Bradley, 2002b). Il a été démontré que le niveau sonore moyen produit par les bruits ambiants d'une salle de classe peut varier entre 32 et 67 **décibels** (dB), le bruit émis par un petit séchoir à cheveux équivalant à 60 dB (Knecht et coll., 2002). Un mauvais signal acoustique est plus exigeant sur le plan cognitif et fait en sorte qu'il est difficile de bien entendre et de bien comprendre ce qui est dit, en plus d'entraîner des problèmes de traitement linguistique, de mémoire, d'attention, de stress et de fatigue (Peelle, 2018).

Le bruit qui règne dans une salle de classe peut nuire aux activités d'apprentissage et troubler la perception de la parole chez l'élève (Peelle, 2018; Sato et Bradley, 2008a, b; Hodgson et Nosol, 2002; Shield et Dockrell, 2003). Les sources de bruits fréquentes dans une salle de classe sont, entre autres, les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, les bruits provenant des salles adjacentes, des corridors et de l'extérieur, qui sont transmis au-delà des murs, des portes et des fenêtres (Nelson, 2010). La **réverbération**, soit la persistance des réflexions du son sur les murs, les planchers et les plafonds, crée aussi du bruit indésirable et contribue au mauvais environnement sonore d'une salle de classe (ANSI, 2010; Bradley, 2002a; Yang et Bradley, 2009).

Des recherches ont démontré que le bruit et la réverbération nuisent davantage aux jeunes enfants typiques qu'aux adultes typiques. Ces facteurs, ajoutés aux fortes exigences de l'écoute et du traitement auditif impliqués pour suivre un cours dans une classe, ainsi qu'au faible degré de maturation neurologique des habiletés d'écoute des enfants, créent des obstacles à l'apprentissage scolaire (Millett, 2010; Bradley, 2002b; Sato et Bradley, 2008[a/b]; Crandell, C. et Bess, F. 1986).

En salle de classe, il y a un certain nombre de personnes qui sont particulièrement affectées par une mauvaise acoustique.

Ces groupes incluent des enfants qui ont :

- une fluctuation de l'acuité auditive due à des otites récurrentes (Bess, 1998; Niskar et coll., 2000; Crandell, 1993; ASA, 2003);
- une perte auditive permanente (Crandell, 1993; ASA, 2003; Bess et coll., 1998);
- des troubles d'apprentissage (Cunningham et coll., 2001, Bradlow, Kraus, et Hayes, 2003);
- des troubles du traitement auditif (Cunningham et coll., 2001);
- une langue maternelle autre que l'anglais (Crandell et Smaldino, 1994; Mayo et Florentine, 1997; Gelnett et coll., 1994) ou la langue d'enseignement;
- des troubles de la parole et du langage (Klatte, Bergström, et Lachmann, 2013);

- des problèmes affectifs et comportementaux (Seltz, 2001; Maag et Anderson, 2006).

Par ailleurs, la piètre acoustique d'une salle de classe peut avoir des effets psychologiques et physiques importants sur les élèves et les enseignants (Hétu et coll., 1990; Picard et Bradley, 2001; Bradley, 2002b; Sato et Bradley, 2008b, Tiesler et coll., 2015).

Parmi ces effets figurent :

- une hausse du taux de stress, un niveau élevé d'anxiété, une irritation accrue, une perturbation du sommeil, la dépression, la fatigue et un risque accru de maladies cardiovasculaires (Doherty, 1999; Evans et Johnson, 2000; Glass et Singer, 1972; Kalveram, 2000; Kryter, 1994; Kersten, 2015; Swinburn et coll., 2015).
- des risques pour les fonctions physiques et mentales, y compris la souffrance psychologique chronique et une détérioration des processus cognitifs (Hughes et Jones, 2003; Banbury et coll., 2001; Sandrock et coll., 2009; Grebennikov et Wiggins, 2006; Kristiansen et coll., 2014; Kjellberg et coll., 2008; Ljung et coll., 2009).
- une amplification de la **dose vocale**, laquelle croît proportionnellement aux niveaux sonores ambiants. L'**effet Lombard** laisse présager que les enseignants parlent plus fort quand il y a du bruit (Sato et Bradley, 2008a; Whitlock et coll., 2006; Calosso et coll., 2017; Kristiansen et coll., 2014; Guidini et coll., 2012; Sodersten et coll., 2002).
- une forte prévalence des **troubles de la voix liés au travail** chez les enseignants, qui se traduit souvent en des jours d'absentéisme. Les symptômes courants sont, entre autres : un enrouement de la voix, un forçage vocal et une fatigue vocale (Gotaas et Starr, 1993; Titze, Lemke et Montequin, 1997; Smith, Gray, Dove, Kirchner et Heras, 1997; Russell, Oates et Greenwood, 1998; Mattiske, Oates et Greenwood, 1998; Smith, Lemke, Taylor, Kirchner et Hoffman, 1998; Rantala, Viikman et Bloigu, 2002; Roy et coll., 2004; Laukkanen et coll., 2008; Guidini et coll., 2012; Kristiansen et coll., 2014; Remacle, Morsomme et Finck, 2014; Rantala et Sala, 2015; Calosso et coll., 2017).

Justification

Il demeure nécessaire de plaider en faveur d'une meilleure acoustique dans les salles de classe au Canada ainsi que pour l'élaboration ou l'adoption de normes acoustiques adaptées aux salles de classe. La conception de locaux d'enseignement favorisant l'écoute exige d'avoir recours aux services spécialisés d'architectes, d'ingénieurs acoustiques, d'experts-conseils en mécanique et d'audiologistes qui comprennent l'importance de l'acoustique dans une classe. Bon nombre d'architectes et de concepteurs ne sont pas conscients des effets néfastes d'une mauvaise acoustique dans une école. Il est essentiel que ceux qui participent à la conception ou à la construction d'établissements scolaires connaissent l'incidence d'un mauvais environnement sonore sur la santé des enseignants et des élèves.

Le Code national du bâtiment du Canada (CNB) ne contient pas de normes acoustiques explicites pour les salles de classe. Même si les codes du bâtiment sont régis par les provinces et les territoires, la plupart s'en remettent au CNB pour se guider dans l'élaboration et l'adaptation de leurs propres codes. Les recherches laissent entendre que les coûts pour améliorer l'acoustique en cours de construction peuvent s'avérer nettement inférieurs à ceux qu'exigent de telles améliorations après la construction (James, Stead, Clifton-Brown, et Scott, 2012; Lubman et Sutherland, 2001; Mealings, 2016; « Counting the costs of noisy vs. quiet classrooms », 2003).

En dépit de la documentation qui prouve les effets néfastes du bruit dans les salles de classe, les conditions d'acoustique demeurent mauvaises dans beaucoup d'écoles au Canada (Sato et Bradley, 2008a; Bradley, 2002b; Hétu, Truchon-Gagnon et Bilodeau, 1990; Yang et Hodgson, 2005). Chez les enfants, la compréhension de la parole peut être réduite si l'enseignant souffre d'un trouble de la voix (Rogerson et Dodd, 2005). Les absences de l'enseignant qui résultent de troubles de la voix liés au

travail nuisent à la continuité de l'enseignement. De plus, le recours intensif aux congés de maladie, les demandes d'indemnisation pour maladies professionnelles et l'embauche de remplaçants entraînent une augmentation des coûts pour le système d'éducation.

Recommandations

1. S'assurer que les écoles du Canada nouvellement construites ou rénovées intègrent des caractéristiques acoustiques qui tiennent compte des récentes normes acoustiques fondées sur des données probantes établies pour les classes. Voici des exemples de normes qui pourraient être adaptées ou adoptées :
 - Les normes de l'*American National Standards Institute (ANSI)* fournissent des critères et des lignes directrices pour la conception et le réaménagement des classes et autres lieux d'apprentissage. L'*ANSI* recommande que le niveau de décibels n'excède pas 35 dB dans une classe inoccupée. Le **rapport signal-bruit** (RSB) devrait être d'au moins 15 dB et le temps de réverbération (TR) ne devrait pas excéder 0,6 à 0,7 seconde (ANSI, 2010).
 - Les normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 1999) recommandent que le bruit ambiant ne soit pas plus élevé que 35 dB dans une classe inoccupée et que le niveau sonore d'une classe occupée n'excède pas 40 à 50 dB.
2. Prendre des mesures pour réduire le bruit dans la salle de classe :
 - Les murs entre les classes, les corridors et l'extérieur devraient avoir une isolation acoustique appropriée et il ne devrait pas y avoir d'ouvertures entre les murs et le plafond ou le plancher. Les classes à aires ouvertes ne sont pas acceptables. Il ne devrait pas être possible de comprendre ce qui se dit dans les autres classes et les bruits provenant du corridor et de l'extérieur devraient être réduits au minimum.
 - Le bruit émis par les tables, les chaises et les pieds des enfants devrait être réduit en ayant recours à des dispositifs de réduction du bruit tels que des coussinets de feutre ou d'autres produits conçus spécialement pour couvrir les pattes des tables, des bureaux et des chaises. Réduire les autres sources de bruit dans la classe, lesquelles peuvent provenir d'activités visant à stimuler l'apprentissage, comme les aquariums ou les centres d'activité.
 - Les bruits d'origine mécanique devraient être maintenus au niveau le plus bas dans les classes, y compris les sons provenant des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, car ils peuvent être la principale source de bruit à l'intérieur d'une classe. Les conduits et autres systèmes bruyants devraient se situer dans les corridors et loin des classes. Si possible, mieux vaut choisir des dispositifs silencieux.
3. Adopter des mesures pour optimiser le rapport signal-bruit :
 - Les **systèmes d'audio distribution pour les salles de classe**, anciennement nommés systèmes d'amplification du champ sonore, devraient être utilisés, lorsque cela s'applique, pour que les signaux de la parole soient plus clairs (Larsen et Blair, 2008). Ces systèmes contribuent grandement à améliorer le niveau du signal puisque seule la voix émise par le micro est amplifiée et non les sons ambiants.
 - Dans les cas où la conception de la salle entraîne une mauvaise acoustique, il faut d'abord régler les problèmes de réverbération et réduire le bruit avant d'ajouter un système d'audio distribution pour les salles de classe. Cela permet de s'assurer que chaque enfant ait accès au signal sonore optimal et d'améliorer les conditions d'apprentissage.
 - Les travaux de recherche soutiennent les rapports signal-bruit où la voix de l'enseignant est d'au moins 20 décibels au-dessus du bruit ambiant (Bradley, 2002b; Sato et Bradley, 2008 a/b).

4. Optimiser les caractéristiques de réverbération :

- Le temps de réverbération devrait être réduit le plus possible afin d'optimiser l'apprentissage (ANSI, 2010). On peut obtenir ce résultat en installant des matériaux qui absorbent le son (panneaux muraux acoustiques ou tuiles de plafond traitées, des sièges, des tapis, des rideaux, etc. faits d'un matériau souple) et qui réduisent considérablement la réverbération indésirable. On devrait choisir des matériaux ayant un bon coefficient d'absorption. Il faudrait utiliser des matériaux hypoallergènes dans la mesure du possible.
- Des plafonds plus bas permettent de réduire le volume de la salle et, par conséquent, de réduire la réverbération.

5. Consulter des audiologistes et d'autres intervenants importants comme des orthophonistes pour planifier la construction et la rénovation des écoles afin que les conditions optimales soient en place pour répondre aux besoins des enfants en matière de développement et d'apprentissage, de même que pour contribuer à la santé vocale des enseignants. De plus, les audiologistes et les orthophonistes devraient faire partie des efforts multidisciplinaires visant à réduire les effets d'une piètre acoustique en classe sur les élèves et les enseignants.

Définitions :

Systèmes d'audio distribution pour les salles de classe : Auparavant désignés par le terme « systèmes d'amplification du champ sonore », les systèmes d'audio distribution pour les salles de classe sont conçus pour régler les problèmes liés à une mauvaise acoustique, et ce, pour le plus grand bien des élèves et des enseignants. L'enseignant porte un petit micro et sa voix est diffusée par des haut-parleurs placés à des endroits stratégiques dans la classe. Cela crée une distribution uniforme du son privilégié dans l'ensemble de la classe et apporte une légère amélioration du rapport signal-bruit (la voix de l'enseignant par rapport au bruit ambiant). Ainsi, les élèves assis au fond de la classe peuvent entendre aussi clairement que ceux qui sont à l'avant.

Décibel (dB) : Degré d'intensité sonore ou unité servant à mesurer la puissance d'un son ou d'un signal en utilisant une formule algorithmique. On utilise les décibels pondérés en gamme A [dB(A)] pour tenir compte de l'intensité relative des sons perçus par l'oreille humaine, mettant moins l'accent sur les sons de très basses et de très hautes fréquences.

Enseignant : Personne qui assure l'instruction ou l'éducation en milieu scolaire. La plupart des recherches sur l'acoustique en classe se concentrent sur l'enseignant.

L'effet Lombard : Tendance qu'ont les gens à élever ou à forcer leur voix dans des milieux bruyants (Lane et Tranel, 1971; Van Heusden, Plomp et Pols, 1979; Calas, Verhulst, Lecoq, Dalleas et Seilhean, 1989; Junqua, 1993; Summers, Pisoni, Bernacki, Pedlow et Stokes, 1998).

Trouble de la voix lié au travail : Problème de voix que vivent les personnes dont le travail repose fortement sur le discours ou la production vocale. Le problème de voix peut se caractériser par des symptômes tels qu'un enrouement de la voix, un forçage vocal ou une fatigue vocale, lesquels sont exacerbés par l'utilisation de la voix au travail. Environ 13 % de la population occupe une profession qui repose sur la voix comme principal outil de travail. Ces professions englobent, entre autres, les enseignants, le personnel de vente, les comédiens et les chanteurs, de même que les journalistes de la télévision et de la radio. Les enseignants sont particulièrement touchés par les problèmes médicaux liés à la voix.

Réverbération (écho) : La persistance d'un son dans une pièce, lorsque sa source a cessé de produire de l'énergie, est ce que l'on appelle la *réverbération*. C'est le phénomène de chevauchement des sons causé par de multiples réflexions. L'énergie se perd à chaque réflexion et le son finit par devenir inaudible. On la mesure en termes de temps de *réverbération* (TR). On la définit comme le temps mis par un son pour diminuer à 60 dB ou 1 millionième du niveau sonore d'origine. Le TR dépend du volume physique et des matériaux dont sont conçues les surfaces d'une pièce. Dans les grandes pièces, comme les cathédrales et les gymnases, le temps de réverbération est généralement plus long et les sons semblent

vifs ou parfois retentissants. Dans les petites pièces, comme les chambres à coucher et les studios d'enregistrement, les sons se réverbèrent moins et semblent secs ou étouffés. Par conséquent, les besoins acoustiques d'une classe varient grandement de ceux d'une cafétéria ou d'un gymnase.

Milieu scolaire : Fait référence à tous les milieux d'apprentissage et aux salles de classe, incluant les milieux qui offrent de l'enseignement aux enfants en bas âge, au niveau primaire et au niveau secondaire.

Rapport signal-bruit (RSB) : Le rapport entre le principal signal ou signal sonore recherché (p. ex., la voix de l'enseignant) et tous les autres sons ambiants indésirables. En ce qui concerne l'acoustique en salle de classe, le RSB peut être considéré comme l'intensité relative de l'information contenant les composantes des signaux de la parole par rapport aux bruits indésirables. Plus le rapport signal-bruit (RSB) est favorable, plus le message vocal est déchiffrable. Un RSB de 15/20 dB ou plus est reconnu comme ce qui est nécessaire dans une classe.

Dose vocale : Charge vocale au fil du temps, déterminée par la durée, l'intensité et la fréquence fondamentale (hauteur tonale) de la voix. (Titze, Svec et Popolo, 2003)

Charge vocale : Le stress mécanique auquel sont exposés les plis vocaux et le mécanisme laryngé en raison d'une utilisation soutenue de la voix. La charge est exacerbée, entre autres, par des variables telles que le bruit ambiant, le niveau de projection de la voix, la dynamique et l'étendue des émotions, le contexte social, ainsi que l'environnement acoustique. Tout comme pour les microtraumatismes répétés, la charge vocale peut entraîner une fatigue vocale ou un trouble vocal organique ou fonctionnel du larynx.

Références

- Anderson, K. (2004). The problem of classroom acoustics: the typical classroom soundscape is a barrier to learning. *Seminars in Hearing, 24*(5), 117-130.
- Acoustical Society of America (2003). *Classroom Acoustics I - a resource for creating listening environments with desirable listening conditions*. Melville, NY.
- American National Standards Institute (2010). *S12.60-2010, Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools*. Melville, NY.
- Banbury S. P., Macken W. J., Tremblay, S. & Jones, D. M. (2001). Auditory distraction and short-term memory: phenomena and practical implications. *Human Factors 43*(1), 12-29.
- Bess, F. H., Dodd-Murphy, J. & Parker, R. A. (1998). Children with minimal sensorineural hearing loss. *Ear and Hearing, 19*, 339-354.
- Bradley, J.S. (2002a). *Acoustical designs of rooms for speech*. Repéré à https://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/en/ctu_sc_n51/
- Bradley, J.S. (2002b). *Optimising sound quality for classrooms*. Repéré à <https://nparc.nrc-cnrc.gc.ca/eng/view/object/?id=cb8703be-2eb7-45d8-a769-84d69261fd3a>
- Calas, M., Verhulst, J., Lecoq, M., Dalleas, B. & Seilhean, M. (1989). Vocal pathology of teachers. *Revue de laryngologie, otologie, rhinologie. 110*(4), 397-406.
- Calosso, G., Puglisi, G. E., Astolfi, A., Castellana, A. C. & Pellerrey, F. (2017). A one-year longitudinal study of secondary teachers' voice parameters and the influence of classroom acoustics. *Journal of the Acoustical Society of America, 142*(2), 1055-1066.
- Counting the costs of noisy vs. quiet classrooms (octobre 2003). Repéré à https://www.acousticalsurfaces.com/soundproofing_tips/html/classroom_acoustics3.htm

- Crandell, C. (1993). Speech recognition in noise by children with minimal degrees of sensorineural hearing loss. *Ear and Hearing, 14*, 210-216.
- Crandell, C. & Bess, F. (1986). Speech Recognition of children in a 'typical' classroom setting. *ASHA, 29*, 82.
- Crandell, C., & Smaldino, J. (1994). An update of classroom acoustics for children with hearing impairment. *The Volta Review, 96*, 291-306.
- Crandell C. & Smaldino, J. (2000). Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment. *Language, Speech and Hearing Services in Schools, 31*, 362-70.
- Cunningham, J., Nichol, T., Zecker, S. G., Bradlow, A., and Kraus, N. (2001). Neurobiologic responses to speech in noise in children with learning problems: Deficits and strategies for improvement. *Clinical Neurophysiology, 112*, 758-767.
- Doherty, G. W. (1999). Disaster work and stress. Proceedings of the Rocky Mountain Region Disaster mental health Conference. Laramie, Wyoming, 11-14 February. Repéré à <http://angelfire.com/biz/odoc/disasterstress.html>
- Evans, G. W. & Johnson, D. (2000). Stress and open office noise. *Journal of Applied Psychology, 85*(5), 779-783.
- Gelnett, D., Sumida, A., & Soli, S. D. (1994). *The development of the Hearing in Noise Test for Children (HINT-C)*. Paper presented at the annual convention of the American Academy of Audiology, Richmond, Virginia.
- Glass, D. C. & Singer, J. E. (1972). *Urban Stress: Experiments on Noise and Social Stressors*. New York, Academic Press.
- Gotaas, C. & Starr, C. D. (1993). Vocal fatigue among teachers. *Folia Phoniatica, 45*, 20-129.
- Grebennikov, L. & Wiggins, M. (2006). University of Western Sydney: Psychological Effects of Classroom Noise on Early Childhood Teachers. *The Australian Educational Researcher, 33*(3), 35-53.
- Guidini, R. F., Bertoncetto, F., Zanchetta, S., & Dragone, M. L. S. (2012). Correlations between classroom environmental noise and teachers' voice. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, 17*(4), 398-404. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342012000400006>
- Hétu, R., Truchon-Gagnon, C. & Bilodeau, S. A. (1990). Problems of noise in school settings: a review of literature and results of an exploratory study. *Journal of Speech Language Pathology and Audiology, 14*(3), 31-39.
- Hughes, R. W. & Jones, D. M. (2003). Indispensable benefits and unavoidable costs of unattended sound for cognitive functioning. *Noise Health, 6*(21) 63-76.
- Hodgson, M. & Nosol, E. M. (2002). Effect of noise and occupancy on optimal reverberation times for speech intelligibility in classrooms. *Journal of the Acoustical Society of America, 111*(2), 931-939.
- James, D., Stead, M., Clifton-Brown, D., & Scott, D. (2012). A cost benefit analysis of providing a 'sound' environment in educational facilities. *Proceedings of Acoustics 2012*, 1-4.
- Junqua, J. (1993). The Lombard reflex and its role on human listeners and automatic speech recognizers. *Journal of the Acoustic Society of America, 93*(1), 510-524.
- Kalveram, K. T. (2000, June). *How acoustical noise can cause physiological and psychological reactions: Behavioural-ecological considerations on the origin of the capability to experience annoyance*. Paper presented at The Fifth International Symposium on Transport Noise and Vibration, St. Petersburg, Russia.

- Kersten, N. & Backé, E. (2015). Occupational noise and myocardial infarction: considerations on the interrelation of noise with job demands. *Noise & Health, 17*(75) 116-122.
- Kjellberg, A., Ljung, R. & Hallman, D. (2008). Recall of words heard in noise. *Applied Cognitive Psychology, 22*(8), 1088-1098.
- Klatte, M., Bergström, K., & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology, 30*(4), 578.
- Knecht, H., Nelson, P., Whitelaw, G., and Feth, L. (2002). Structural variables and their relationship to background noise levels and reverberation times in unoccupied classrooms. *American Journal of Audiology, 11*, 65-71.
- Kristiansen, J., Lund, S. P., Persson, R., Shibuya, H., Nielsen, P. M., & Scholz, M. (2014). A study of classroom acoustics and school teachers' noise exposure, voice load and speaking time during teaching, and the effects on vocal and mental fatigue development. *International Archives of Occupational and Environmental Health, 87*(8), 851-860.
- Kryter, K. D. (1994). *Handbook of Hearing and the Effects of Noise: Physiology, psychology and Public Health*. San Diego, CA: Academic Press, Inc.
- Lane, H. & Tranel, B. (1971). The Lombard Sign and the role of hearing in speech. *Journal of Speech and Hearing Research, 14*, 659-672.
- Larsen, J. B., & Blair, J. (2008). The effect of classroom amplification on the signal to noise ratio in classrooms while class is in session. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools, 39*(10), 451-460.
- Laukkanen, A. M., Ilomaki, I., Leppanen, K. & Vilkmann, E. (2008). Acoustic measures and self-reports of vocal fatigue by female teachers. *Journal of Voice, 22*(3), 283-289.
- Ljung, R., Sorqvist, P., Kjellberg, A. & Green, A. (2009). Poor listening conditions impair memory for intelligible lectures: implications for acoustic classroom standards. *Building Acoustics, 16*(34), 257-265.
- Lubman, D. & Sutherland, L. C. (2001, September). *Good classroom acoustics is a good investment*. Paper presented at 17th International Congress on Acoustics, Rome, Italy.
- Maag, J., & Anderson, J. (2006). Effects of sound-field amplification to increase compliance of students with emotional and behavior disorders. *Behavioral Disorders, 31*(4), 378-393.
- Mattiske, J. A., Oates, J. M., & Greenwood, K. M. (1998). Vocal problems among teachers: A review of prevalence, cause, prevention, and treatment. *Journal of Voice, 12*, 489-499.
- Mayo, L., & Florentine, M. (1997). Age of second-language acquisition and perception of speech in noise. *Journal of Speech and Hearing Research, 40*(3), 686-693.
- Mealings, K. (2016, November). *Classroom acoustics conditions: understanding what is suitable through a review of national and international standards, recommendations, and live classroom measurements*. Paper presented at ACOUSTICS 2016, Brisbane, Australia.
- Millett, P. (2010). Improving student listening and engagement for English Language Learners with sound field amplification. *Proceedings of the Canada International Conference on Education* (590-596). Toronto.
- Nelson, P. (2010). Classroom Acoustics. What could possibly be new? *The ASHA Leader, 15*, 16-19.
- Niskar, A. S., Kieszak, S. M., Holmes, A. E., Esteban, E., Ruben, C. & Brody, D. J. (2001). Estimated prevalence of noise-induced hearing thresholds shifts among children 6 to 19 years of age. The third national health and nutrition examination survey, 1998-1994. *Pediatrics, 108*(1), 40-43.

- Peelle, J.E. (2018). Listening effort: how the cognitive consequences of acoustic challenge are reflected in brain and behaviour. *Ear and Hearing, 39*(2), 204-214.
- Picard, M., & Bradley, J. S. (2001). Revisiting speech interference in classrooms. *Audiology, 40*(5), 221-44.
- Rantala, M. & Sala, E. (2015). Effects of classroom acoustics on teachers' voices. *Building Acoustics, 22*(3-4), 243-258. doi:10.1260/1351-010X.22.3-4.243
- Rantala, L., Vilkman, E. & Bloigu, R. (2002). Voice changes during work: Subjective complaints and objective measurements for primary and secondary teachers. *Journal of Voice, 16*(3), 344-355.
- Remacle, A., Morsomme, D. & Finck, C. (2014). Comparison of vocal loading parameters in kindergarten and elementary school teachers. *Journal of Speech, Language and Hearing Research, 57*, 406-415.
- Rogerson, J. & Dodd, B. (2005). Is there an effect of dysphonic teachers' voices on childrens' processing of spoken language? *Journal of Voice, 19*(1) 47-60.
- Roy, N., Merrill, R. M., Thibeault, S., Parsa, R. A., Gray, S. D. & Smith, E. M. (2004). Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *Journal of Speech, Language and Hearing Research, 47*(2), 281-93.
- Rubin, L. R., Aquino-Russell C. E., & Flagg-Williams, J. B., and Lushington, T. (2011). The classroom listening environment in the early grades. *Revue canadienne d'orthophonie et d'audiologie, 35*(4) 344-359.
- Russell, A., Oates, J. & Greenwood, K. M. (1998). Prevalence of voice problems in teachers. *Journal of Voice, 12*(4), 467-479.
- Sandrock, S., Schutte, M. & Griefahn, B. (2009). Impairing effects of noise in high and low noise sensitive persons working on different mental tasks. *International Archives of Occupational and Environmental Health, 82*, 779-785.
- Sato, J. & Bradley, J. S. (2008a). Evaluation of acoustical conditions for speech communication in working elementary school classrooms. *Journal of Acoustical Society of America, 123*(4), 2064-2077.
- Sato, J. & Bradley, J. S. (2008b). The intelligibility of speech in elementary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America, 123*, 2078-2086.
- Seltz, A. E. (2001). Let the word be heard. Be an advocate for good classroom acoustics. *The ASHA Leader, 6*, 4-20.
- Shield, B. & Dockrell, J. E. (2003). The effects of noise and poor acoustics on children at school. *Building Acoustics, 10*(2), 97-106.
- Shield, B., Greenland, E., & Dockrell, J. (2010). Noise in open plan classrooms in primary schools: a review. *Noise and Health, 12*(49), 225-234.
- Smith, E., Gray, S. D., Dove, H., Kirchner, L., & Heras, H. (1997). Frequency and effects of teachers' voice problems. *Journal of Voice, 11*(1), 81-87.
- Smith, E., Lemke, J., Taylor, M., Kirchner, H.L. & Hoffman, H. (1998). Frequency of voice problems among teachers and other occupations. *Journal of Voice, 12*(4), 480-488.
- Sodersten, M., Granqvist, S., Hammarberg, B. & Szabo, A. (2002). Vocal behaviour and vocal loading for preschool teachers studied with binaural DAT recordings. *Journal of Voice, 16*(3), 356-371.
- Summers, W. V., Pisoni, D. B., Bernacki, R. H., Pedlow, R. I., Stokes, M. A. (1998). Effects of noise on speech production: acoustic and perceptual analyses. *Journal of the Acoustical Society of America, 84*, 917-928.

- Swinburn, T. K., Hammer, N. S., & Neitzel, R. L. (2015). Valuing quiet: an economic assessment of U.S. environmental noise as a cardiovascular health hazard. *American Journal of Preventive Medicine*, 49(3), 345-353.
- Tiesler, G., Machner, R., Brokmann, H. (2015). Classroom acoustics and impact on health and social behaviour. *Energy Procedia*, 78, 3108 – 3113.
- Titze, I. R., Svec, J. G. and Popolo, P. S. (2003). Vocal dose measures: quantifying accumulated vibration exposure in vocal fold tissues. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 46, 919-932.
- Titze, I. R., Lemke, J. & Montequin, D. (1997). Populations in the U.S. workforce who rely on voice as a primary tool of trade: A preliminary report. *Journal of Voice*, 11(3), 254-259.
- Van Heusden, E., Plomp, R., & Pols, L. C. W. (1979). Effect of ambient noise on the vocal output and the preferred listening level of conversational speech. *Applied Acoustics*, 12, 31-43.
- Whitlock, J. & Dodd, G. (2006). *Classroom acoustics – controlling the café effect ... is the Lombard effect the key?* In *Proceedings of Acoustics*, Christchurch, NZ, 20-22: 423-42
- World Health Organization. (1999). Guidelines for Community Noise. Repéré à <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Commnoise4.htm>
- 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(2), 922-33.
- Yang, W. & Hodgson, M. (2005). Acoustical evaluation of preschool classrooms. *Noise Control Engineering Journal*, 53(2), 43-52.