

canadian acoustics

acoustique canadienne

Journal of the Canadian Acoustical Association - Journal de l'Association Canadienne d'Acoustique

JUNE 2010

JUIN 2010

Volume 38 -- Number 2

Volume 38 -- Numéro 2

EDITORIAL / ÉDITORIAL

1

TECHNICAL ARTICLES AND NOTES / ARTICLES ET NOTES TECHNIQUES

Segmentation de signaux audio : Une nouvelle approche utilisant le critère d'alignement

Lamy Fergani, Belkacem Fergani et Amrane Houacine

3

Laboratory Performance Of The Single-Sided E-A-R® Combat Arms Hearing Protective Earplug

Sharon M. Abel and Christina Powlesland

11

Développement Du Test De Mots Dans Le Bruit : Mesure De L'équivalence Des Listes Et Données Préliminaires Sur L'effet D'âge

Josée Lagacé

19

Single cell size estimation from backscattered spectrum by using some weak acoustic scattering approximations

Ratan K Saha, Subodh K Sharma and Michael C Kolios

31

Other Features / Autres Rubriques

Prix des Expo-sciences pancanadienne 2009 / 2009 Canada Wide Science Fair prize - ROLAND TROKE-BARRIAULT

35

Revue d'un outil internet/ Internet Tool Review - Blaise Gosselin et François Gosselin

39

Minutes of CAA Directors' Meeting / Compte rendu de la réunion des directeurs de l'ACA

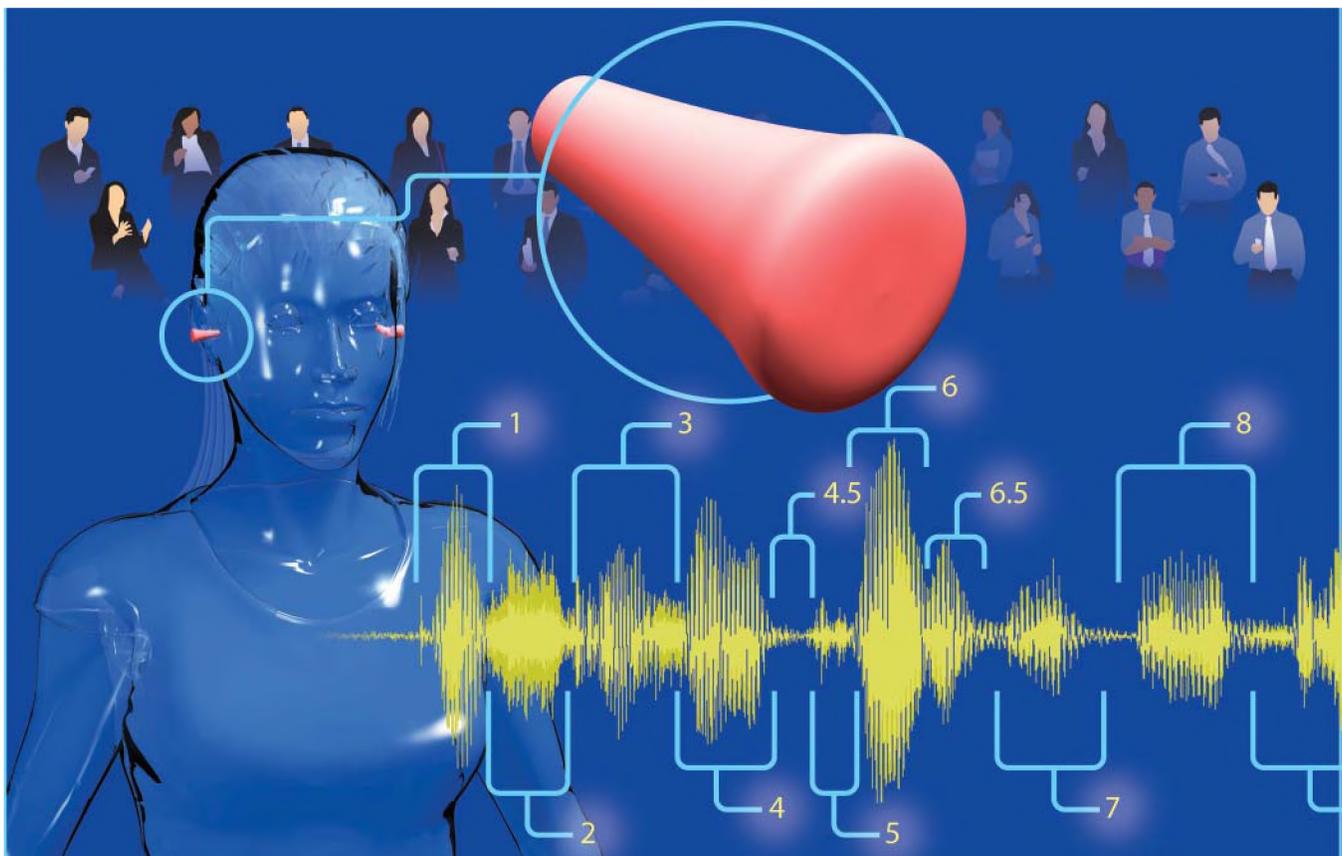
43

CAA Prizes Announcement / Annonce de Prix

46

Canadian News - Acoustics Week in Canada 2010 / Semaine Canadienne d'acoustique 2010

48



canadian acoustics

THE CANADIAN ACOUSTICAL ASSOCIATION
P.O. BOX 1351, STATION "F"
TORONTO, ONTARIO M4Y 2V9

CANADIAN ACOUSTICS publishes refereed articles and news items on all aspects of acoustics and vibration. Articles reporting new research or applications, as well as review or tutorial papers and shorter technical notes are welcomed, in English or in French. Submissions should be sent directly to the Editor-in-Chief. Complete instructions to authors concerning the required camera-ready copy are presented at the end of this issue.

CANADIAN ACOUSTICS is published four times a year - in March, June, September and December. The deadline for submission of material is the first day of the month preceding the issue month. Copyright on articles is held by the author(s), who should be contacted regarding reproduction. Annual subscription: \$35 (student); \$80 (individual, institution); \$350 (sustaining - see back cover). Back issues (when available) may be obtained from the CAA Secretary - price \$15 and postage. Advertisement prices: \$600 (centre spread); \$300 (full page); \$175 (half page); \$125 (quarter page). Contact the Associate Editor (advertising) to place advertisements. Canadian Publication Mail Product Sales Agreement No. 0557188.

acoustique canadienne

L'ASSOCIATION CANADIENNE D'ACOUSTIQUE
C.P. 1351, SUCCURSALE "F"
TORONTO, ONTARIO M4Y 2V9

ACOUSTIQUE CANADIENNE publie des articles arbitrés et des informations sur tous les domaines de l'acoustique et des vibrations. On invite les auteurs à soumettre des manuscrits, rédigés en français ou en anglais, concernant des travaux inédits, des états de question ou des notes techniques. Les soumissions doivent être envoyées au rédacteur en chef. Les instructions pour la présentation des textes sont exposées à la fin de cette publication.

ACOUSTIQUE CANADIENNE est publiée quatre fois par année - en mars, juin, septembre et décembre. La date de tombée pour la soumission de matériel est fixée au premier jour du mois précédant la publication d'un numéro donné. Les droits d'auteur d'un article appartiennent à (aux) auteur(s). Toute demande de reproduction doit leur être acheminée. Abonnement annuel: \$35 (étudiant); \$80 (individuel, société); \$350 (soutien - voir la couverture arrière). D'anciens numéros (non-épuisés) peuvent être obtenus du Secrétaire de l'ACA - prix: \$15 (sans affranchissement). Prix d'annonces publicitaires: \$600 (page double); \$300 (page pleine); \$175 (demi page); \$125 (quart de page). Contacter le rédacteur associé (publicité) afin de placer des annonces. Société canadienne des postes - Envois de publications canadiennes - Numéro de convention 0557188.

EDITOR-IN-CHIEF / RÉDACTEUR EN CHEF

Ramani Ramakrishnan
Department of Architectural Science
Ryerson University
350 Victoria Street
Toronto, Ontario M5B 2K3
Tel: (416) 979-5000; Ext: 6508
Fax: (416) 979-5353
E-mail: rramakri@ryerson.ca

EDITOR / RÉDACTEUR

Chantal Laroche
Programme d'audiologie et d'orthophonie
École des sciences de la réadaptation
Université d'Ottawa
451, chemin Smyth, pièce 3062
Ottawa, Ontario K1H 8M5
Tél: (613) 562-5800 # 3066; Fax: (613) 562-5428
E-mail: claroc@uottawa.ca

ASSOCIATE EDITORS / REDACTEURS ASSOCIES

Advertising / Publicité

Jason Tsang
7 Parkwood Crescent
Ottawa, ONTARIO
K1B3J5
E-mail: jtsangeng@yahoo.ca

Canadian News / Informations

Jérémie Voix
École de technologie supérieure, Université de Québec
1100, Notre-Dame Street West
Montréal, QC, H3C 1K3, Canada
Tel: (514) 396-8437
Fax: (514) 396-8530
E-mail: jeremie.voix@etsmtl.ca

ÉDITORIAL / EDITORIAL

Nous aurions pu sortir notre numéro du mois de juin en mars, tellement le printemps a été hâtif cette année. Comme à chaque année, le numéro de juin est dédié principalement à la publication d'articles en français. Ce numéro ne fait pas exception et nous sommes particulièrement fiers du résultat, car vous aurez l'occasion de lire 2 articles scientifiques en français, 1 article d'un jeune chercheur en herbe ainsi que la revue d'un outil internet « Décibels dangereux » portant sur la sensibilisation au bruit. À tout ce contenu, s'ajoute deux articles de collègues anglophones. On peut dire que les derniers mois ont été prolifiques en acoustique!

Un des articles porte sur le développement d'une épreuve franco-canadienne de reconnaissance de monosyllabes dans le bruit. Peu d'outils francophones sont disponibles pour évaluer les capacités auditives des enfants et des adultes. Le Test de Mots dans le Bruit (TMB) est bienvenu dans la communauté audiologique canadienne.

Un deuxième article porte sur la segmentation de signaux audio. Dans le merveilleux monde des bandes sonores, l'accès rapide à des passages musicaux ou des événements sonores est primordial. Les auteurs de cet article présentent un algorithme qui vise à optimiser cet accès.

Un jeune chercheur nous présente le résultat de son étude qui lui a valu le prix de l'Acoustique Canadienne à la Foire canadienne des Sciences 2009. Roland Troke-Barriault a vérifié son hypothèse à l'effet qu'une exposition sonore peut favoriser la croissance des plantes. Eh oui! Ce n'est pas seulement la lumière qui ferait croître nos plantes!

Un de nos collègues, Blaise Gosselin, s'est gentiment prêté à l'exercice de commenter un outil internet qui vise la sensibilisation des jeunes aux effets du bruit. Avec la collaboration de son fils François Gosselin (qui a suivi ses traces en acoustique), ils nous présentent cet outil.

Les protecteurs auditifs sont à l'honneur dans un article portant sur la localisation auditive. Il semble que les protecteurs passifs avec ajustement de l'atténuation en fonction du niveau sonore provoquent des biais qui amènent les utilisateurs à percevoir les sources sonores comme si elles provenaient de l'avant.

Enfin, saviez-vous que l'on peut estimer la dimension d'une cellule par des moyens ultrasoniques? C'est ce dont traite le dernier article de ce numéro bien rempli.

Bonne lecture et à l'an prochain!

Chantal Laroche
Rédactrice-adjointe

Spring has sprung early this year, so much so, we could have published the June issue back in March! Keeping with tradition, the current issue is especially dedicated to articles published in French. This year is no exception and we are particularly proud of the results. You are therefore invited to read plenty of content in French, including 2 scientific articles, a review of an internet-based tool "Décibels dangereux" for raising children's awareness of the hazardous effects of noise exposure, as well as the findings of an upcoming young researcher. Adding to the richness of this issue, you will find two interesting articles submitted by English-speaking colleagues. I can without hesitation state that the last few months have yielded great gains in acoustics!

An article describing the development of a French-Canadian test for the recognition of monosyllabic words in noise, the "Test de Mots dans le Bruit (TMB)", is a welcomed addition to the Canadian audiology community as few French tools are currently available to assess hearing abilities in kids and adults.

In the marvelous world of audio recordings, soundtracks and movies, rapid access to a musical piece or sound event is vital. A second article focuses on audio sound segmentation, in which the authors introduce an algorithm optimizing this instantaneous access to sounds.

Roland Troke-Barriault, a young and optimistic researcher who received an award from Canadian Acoustics during the 2009 Canadian Science Expo, presents the results of a study aimed at verifying his hypothesis that noise exposure can actually promote plant growth. Who knew? Apparently, the ability to make plants grow is no longer exclusive to light!

One of our esteemed colleagues, Blaise Gosselin, has generously accepted to review an internet-based tool helping raise children's awareness of the effects of noise exposure. With the help of his son François Gosselin (who's following in his dad's footsteps), they present this tool.

The challenges of hearing protection on sound localization are addressed in another article. It seems that passive hearing protection with adjusting attenuation as a function of background noise levels introduces a bias towards perceiving sound sources as coming from the front.

Finally, did you know that the dimensions of a cell can be estimated by ultrasonic means? That's the focus of the last article in this content rich issue.

Until next year, happy readings!

Chantal Laroche
Associate Editor

TAPPING just got easier!

The rugged brand new Norsonic N-277 Tapping Machine is ideal for making structureborne impact noise tests for floor/ceiling combination in the field and in the laboratory. This third-generation unit meets all international and US standards.

- Impact sound transmission testing according to ISO140 part VI, VII and VIII, ASTM E-492 and ASTM E-1007.
- Remote operation from hand switch or PC; Mains or battery operation.
- Low weight 10 kg (22 lb) incl. battery and wireless remote option.
- Built in self check of hammer fall speed, and tapping sequence for automatic calibration of major components.
- Retractable feet and compact size provide easy transportation and storage.



Scantek, Inc.
Sound & Vibration Instrumentation
and Engineering

www.scantekinc.com
info@scantekinc.com
800-224-3813

SEGMENTATION DE SIGNAUX AUDIO : UNE NOUVELLE APPROCHE UTILISANT LE CRITERE D'ALIGNEMENT

Lamy Fergani, Belkacem Fergani et Amrane Houacine

Université des sciences et de la technologie Houari Boumediène (USTHB)

Faculté d'Electronique et d'Informatique, Laboratoire de Communication Parlée et de Traitement du Signal
BP 32, El alia, Alger, ALGERIE

E-mail : lamifer@msn.com, bfergani@gmail.com, a-houacine@lvcos.com

RESUME

La discrimination de classes sonores dans un système d'indexation audio est indispensable et conditionne les performances de celui-ci. En effet, étant donné la complexité de la bande sonore d'un document audiovisuel il est souvent recherché l'accès rapide à des bruits ou des événements sonores particuliers comme des passages musicaux ou des locuteurs particuliers ou des mots clefs préétablis. Cet objectif fait appel à une étape préalable de discrimination classe/ non classe. Nous proposons dans cet article un algorithme original permettant la segmentation semi supervisée de signaux audio. Cet algorithme met en œuvre une Analyse en Composantes Principales (ACP) combinée avec le critère d'alignement de noyaux introduit en apprentissage statistique. Cet algorithme ne nécessite pas une modélisation des données ni aucune connaissance préalable du contenu des fichiers audio analysés. Les résultats obtenus sur une base de données de sons radiodiffusés multi sources montrent clairement la pertinence de cette approche. Sa simplicité de mise en œuvre et d'interprétation permettent la possibilité de son exploitation dans un processus de décision en ligne.

SUMMARY

In audio indexing systems it's always needed to access directly to the particular acoustical event like musical record or a speaker excerpt, then we must to a priori design a binary based audio algorithm which permit to segregates the acoustic classes. This paper addresses a new method which combine the classical Principal Component Analysis (PCA) with the Alignment criterion introduced and often used in machine learning problems. This new method is model free and easy computed, we demonstrate its achievement and show their promising results which in return permits their use on DSP and FPGA platforms.

1. INTRODUCTION

Le développement de systèmes d'indexation de bases de données audio est un domaine de recherches toujours en évolution et focalise davantage l'intérêt de la communauté scientifique. Ceci est motivé par l'accroissement et la diversité de sources multimédia. La mise en œuvre de ces systèmes nécessite souvent une étape préalable et cruciale de discrimination de classes acoustiques. Le suivi temporel de cette classification est la tâche reconnue comme la segmentation audio.

La bande sonore d'un document audiovisuel regroupe plusieurs types de signaux : parole, musique, parole+musique, jingles, bruits, etc. Selon le type d'application ciblé différentes segmentations sont envisageables :

- Segmentation musique /non musique pour la classification en genre ou par type d'instruments de musique [Tzanetakis 2002, Essid 2005].
- Séparation parole / fond musicale des segments parole+musique pour des applications de séparation de sources ou de mixage audio [Meignier 2004].

- Segmentation parole /non parole pour la transcription orthographique et de l'indexation audio [Lu 2001, Pinquier 2004, Meignier 2004].

Les systèmes de segmentation de l'état de l'art sont généralement basés sur une modélisation des données et font appel aux modèles de Markov cachés (HMM) [Rabiner 1989, O'Shaughnessy 2008], les modèles de Mélanges de Gaussiennes (GMM), les k plus proches voisins (KNN), les réseaux de neurones et plus récemment les Machines à Vecteurs de Support (SVM) [Pinquier 2004, Essid 2005, Fergani 2007]. Dans un contexte de traitement de la parole, une modélisation GMM est généralement adoptée. Bien que ces techniques aient prouvé leur efficacité et donnent de bonnes performances, elles sont néanmoins coûteuses en temps de traitement et en charges de calculs pour des signaux audio issues de bases de données professionnelles et sont souvent tributaires d'une adéquation avec un modèle mathématique difficilement conciliable.

Le but de cet article est de présenter un algorithme de segmentation original indépendant de la modélisation des données et facilement mis en œuvre permettant son éventuel implantation sur des processeurs spécialisés. Cet algorithme réalise une séparation classe / non classe puis une segmentation parole, musique, bruit d'un fichier audio. Le

reste de cet article est structuré comme suit, la section suivante présente un état de l'art global des méthodes de segmentation audio. Les sections 3 et 4 introduisent notre méthode afin que la section 5 en donne les détails de son algorithme enfin la section 6 est dédiée aux différentes expériences et évaluations de la méthode. Nous terminerons par une conclusion et perspectives.

2. LA SEGMENTATION AUDIO : ETAT DE L'ART

Le flux audio est généralement l'enregistrement d'un signal acoustique provenant de plusieurs sources sonores. Le document ainsi obtenu est constitué de plusieurs composantes dont les plus fréquentes sont la parole, la musique et le bruit. Cette dernière composante regroupe en fait toutes les composantes non identifiables à de la parole ou de la musique.

Ces documents audio sont généralement issues d'émissions radiophoniques ou télévisuelles et constituent le cadre général d'un système d'indexation audio. Cet environnement est caractérisé par une forte variabilité acoustique, on peut ainsi rencontrer de larges segments de parole en bande élargie ou en bande téléphonique, de très brefs segments de jingles et des segments de quelques minutes de musique instrumentale ou de la voix chantée.

Les méthodes de l'état de l'art décomposent ce problème en plusieurs classes : classes binaires parole / non parole, musique / non musique, classe bruit et classe silence.

Un système d'indexation se décompose généralement en deux étapes : une étape d'extraction de descripteurs et une étape de modélisation statistique de ces descripteurs. Dans une perspective de décomposition parole/non parole les descripteurs MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients) sont généralement adoptés et donnent des résultats satisfaisants. Les méthodes de classification de l'état de l'art sont généralement basées sur modélisation des données telles que les méthodes par mélange de gaussiennes (GMM) ou les chaînes de Markov Cachées (HMM) [Duda 2001], des méthodes géométriques comme les k plus proches voisins, les histogrammes [Theodoridis 2003] ou les méthodes neuronales (RNN) et récemment les Méthodes par Vecteurs de Supports (SVM) représentant les méthodes de classification discriminatives [Burges 1998, Lu 2001 2002, Llorente 2005, Bishop 2006].

Les méthodes génératives telles que les GMM ont largement fait leur preuve avec succès dans beaucoup d'applications pratiques [Seck 2001, Ajmera 2004, Ulusay 2006], bien qu'elles soient aujourd'hui surpassées par les méthodes discriminatives en terme de performances de classification. Ceci est principalement due aux caractéristiques des données modernes : la grande dimension et le nombre d'exemples limité. En effet les méthodes génératives sont particulièrement sensibles à ces deux facteurs, alors que les méthodes discriminatives ne sont généralement pas car opérant dans un espace de grande dimension. Actuellement, les méthodes discriminatives sont donc particulièrement utilisées pour résoudre les problèmes modernes car elles fournissent des résultats quantitativement

très bons mais au prix d'une faible adaptabilité et de charges de calculs assez lourds [Ulusay 2006, Herbrich 2002]. En particulier, les méthodes discriminatives à noyaux, de type SVM, sont très utilisées pour le traitement du signal, de l'image et du traitement de la parole [Fergani 2007, Herbrich 2002] car elles fournissent d'excellents résultats nonobstant les inconvénients cités en amont.

3. UNE METHODE HYBRIDE : ACP ET LE CRITERE D'ALIGNEMENT

Cet algorithme est basé sur une analyse du signal audio en composantes principales afin d'estimer la direction de variance maximale des données et d'en extraire les structures principales. Le critère d'alignement permet de choisir un hyperplan optimal permettant la discrimination des classes sonores. Avant de décrire plus explicitement cet algorithme, nous pensons qu'il est plus pédagogique de résumer les notions essentielles du critère d'alignement développé et exploité essentiellement dans les méthodes à noyaux [Cristiannini 2002, Kandolla 2002].

4. LE CRITERE D'ALIGNEMENT

Soit $D = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)\}$ un ensemble de m données d'apprentissage et leurs étiquettes associés. L'apprentissage statistique inductif permet d'exploiter la relation existante entre la distribution géométrique des données et celle des étiquettes de classes. Dans ce cadre, il est aussi démontré que la matrice de Gram K ou matrice noyau, symétrique semi-définie positive permet de caractériser les ressemblances (ou dissemblances) entre les paires de données d'entrée en rapport avec la métrique induite par une fonction noyau [Cristiannini 2002, Kandolla 2002, Vert 2004]. Chaque élément k_{ij} est le résultat de l'application d'une fonction noyau à la paire de donnée (x_i, x_j) . D'autre part, si nous considérons que les étiquettes de classes notées (± 1) sont contenues dans un vecteur colonne y , nous pouvons définir la matrice $Y = y \times y^T$. Y est une matrice symétrique de même dimension que la matrice K telle que :

$$y_{ij} = +1 \text{ si } y_i = y_j \text{ et } y_{ij} = -1 \text{ si } y_i \neq y_j .$$

Ainsi Y résume toute l'information véhiculée par les données d'apprentissage représentés par leurs étiquettes. Puisque K représente la similarité géométrique des données et T représente la similarité des étiquettes de ces données, il est raisonnable de penser que ces deux matrices présentent aussi des ressemblances entre elles. Cette propriété est alors mesurée et quantifiée par le critère d'alignement. Celui-ci n'est en fait qu'une généralisation aux matrices, du produit scalaire normalisé de deux vecteurs (x, y) :

$$\cos(\varphi) = \frac{x^T y}{\sqrt{x^T x * y^T y}} \quad (1)$$

Dans le cas de deux matrices A et B cette généralisation traduit le critère d'alignement qui s'écrit :

$$A(A, B) = \frac{\langle A, B \rangle_F}{\sqrt{\langle A, A \rangle_F} * \sqrt{\langle B, B \rangle_F}} \quad (2)$$

Le terme $\langle A, B \rangle_F$ signifie le produit scalaire généralisé aux matrices et l'indice F traduit la norme de Frobenius de la matrice A . Ainsi la formule précédente de l'alignement se réécrit comme :

$$A(A, B) = \frac{\langle A, B \rangle_F}{(\|A\|_F * \|B\|_F)^{\frac{1}{2}}} \quad (3)$$

De ce fait pour mesurer l'alignement entre la matrice des données K et la matrice Y des données d'apprentissage étiquetées, nous évaluons la quantité $A_{k,d}(Y, K)$ telle que définie par l'expression (2) ou (3).

$$A_{k,d}(Y, K) = \frac{\langle Y, K \rangle_F}{(\|Y\|_F * \|K\|_F)^{\frac{1}{2}}} \quad (4)$$

5. L' algorithme de segmentation acp_alignement

Etant donné $D = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)\}$ un ensemble constitué de m données d'apprentissage étiquetées (exemple d'un segment de signal constitué de deux classes sonores : parole + musique). Il s'agit d'évaluer la matrice de covariance des données puis d'en extraire les valeurs propres et vecteurs propres. On considère alors seulement le premier vecteur propre correspondant à la plus grande valeur propre. On détermine par la suite l'**hyperplan optimal** perpendiculaire à la direction principale donnée par le premier vecteur propre en ayant recours au critère d'alignement entre la matrice des étiquettes de données d'apprentissage et celle des étiquettes estimées par la fonction de décision. La maximisation de cet alignement permet d'évaluer le paramètre optimal de l'hyperplan puis d'en déduire ainsi la valeur du vecteur étiquette des données test et par conséquent la classe recherchée de données inconnues analysés. Suite à l'étape de paramétrisation, nous obtenons le signal des descripteurs suivant : $X = \{x_1^d, x_2^d, \dots, x_m^d\}$ l'ensemble de données exemples de d paramètres (MFCC) avec $d \ll m \ll n$ taille du signal test.

Etape 1 : Calculer la matrice de Covariance des données

$$M_X = Cov(X) \quad (5)$$

Etape 2 : Evaluer les valeurs propres et vecteurs propres associés : λ_i et V_i $i \in \{1, \dots, d\}$

Etape 3 : Déterminer le premier vecteur propre correspondant à la plus grande valeur propre :

$$V_1 = \max(V_i) \quad (6)$$

Etape 4 : Déterminer Hyperplan Optimal H

$$x \in H \text{ si } x \cdot V_1 - \alpha_{opt} = 0 \quad (7)$$

$$f(x) = y_{est} = \text{sign}(x \cdot V_1 - \alpha) \quad (8)$$

Faire varier le paramètre α revient à glisser l'hyperplan H le long de la direction de variance maximale des données (Figure 3). Soient y_{app} le vecteur étiquette de données apprentissage et y_{test} le vecteur étiquette estimée de la donnée apprentissage :

Pour $\alpha = \alpha_1 \rightarrow \alpha_2$

Calculer $y_{est} = \text{sign}(x \cdot V_1 - \alpha) \forall x \in D$

Evaluer, $Y_{est} = y_{est} * y_{est}^t$ et $Y = y_{app} * y_{app}^t$

$$\text{Calculer } A_{\alpha}(Y_{est}, Y) = \frac{\langle Y_{est}, Y \rangle_F}{\sqrt{(\|Y_{est}\|_F * \|Y\|_F)}} \quad (9)$$

Fin Pour

Evaluer $A_{\max}(\alpha) \rightarrow \alpha_{opt}$ (le max. de A en fct. de α)

Soit x_{test} une donnée appartenant à l'ensemble de données test (autre fichier que celui ayant servi pour l'entraînement) on détermine alors son étiquette y_{test} en ayant recours simplement à la fonction de décision

$$y_{test} = \text{sign}(x_{test} \cdot V_1 - \alpha_{opt}) \quad (10)$$

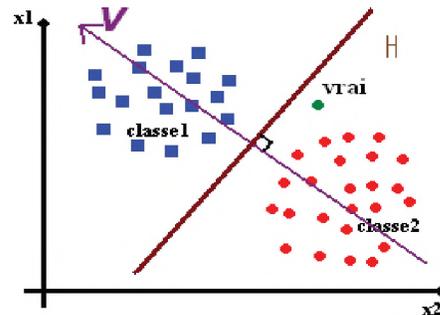


Figure 1. Exemple de données linéairement séparables

5.1 Cas de données linéairement séparables

Dans ce cas (Figure 1), nous avons une marge où l'alignement est maximum, et égale à la valeur maximale qui vaut 1. C'est-à-dire que le pourcentage des données classées faux est nul. La largeur de cette marge égale à $(\alpha_2 - \alpha_1)$, elle représente l'équivalent de la marge maximale recherchée par les SVMs et $(H_1) : (x \cdot V - \alpha_1)$, $(H_2) : (x \cdot V - \alpha_2)$ les deux hyperplans canoniques respectivement. α_{opt} correspond au milieu de la marge de séparation $\alpha_{opt} = (\alpha_2 + \alpha_1) / 2$, d'où $(H_{opt}) = (x \cdot V - \alpha_{opt})$ est l'hyperplan optimal recherché (Figure 2).

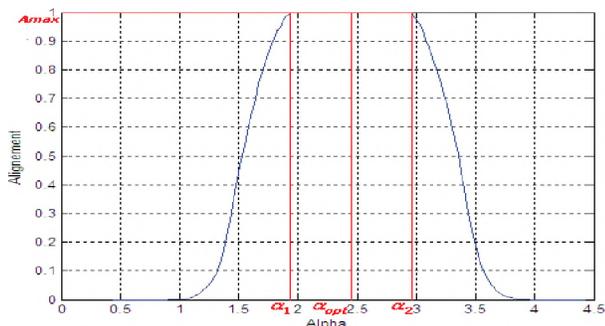


Figure 2. Le paramètre α en fonction de l'alignement dans un cas séparable

5.2 Discussions sur le choix de α_1 et α_2

Soient X_1 et X_2 deux sous ensembles de X correspondants (par exemple) respectivement à la classe parole et musique. Soient $\alpha_1 = V_1.M_1$ et $\alpha_2 = V_1.M_2$ avec M_1 et M_2 resp. les centres d'inertie des nuages de points X_1 et X_2 . Ainsi, le principe de notre algorithme ressemble à la philosophie des SVM dans le sens où on utilise un ensemble restreint de données exemples $d \ll m \ll n$ (la matrice de covariance ne dépend que la taille des descripteurs et non de leurs nombre) afin d'estimer l'hyperplan optimal qui constitue la frontière de décision adéquate permettant de classer tout nouvel élément appartenant à l'une ou l'autre des classes discriminées. Cependant les charges de calcul de notre méthode sont nettement moindres que ceux des méthodes SVM et de par sa simplicité notre algorithme est beaucoup plus rapide permettant son exploitation dans un processus de décision en ligne.

5.3 Cas de données linéairement non séparables

Dans le cas où le nuage de points n'est pas séparable et où les données de deux classes distinctes sont équitablement distribuées (Figure 4), il y aura recouvrement entre les deux nuages ce qui entraîne des erreurs de classification. Dans ce cas, nous n'avons qu'une valeur où l'alignement est maximum, et égale à une valeur inférieure à 1, c'est-à-dire qu'il y a des données qui ont été mal classées, et le taux de recouvrement entre les deux classes égal à $1 - A_{\max}$ (Dans l'exemple précédent est de 32%). Cette valeur α_{opt} est optimale, d'où (H_{opt}) est l'hyperplan de classification optimal telle que $f(x) = \text{sign}(x.V_1 - \alpha_{opt})$ (Figure 5).

6. Expériences et Résultats

6.1 La base de données

Afin d'évaluer notre méthode nous avons construit une base de données de signaux contenant diverses composantes de mélanges sonores (parole + musique + bruit + silence) divisée en trois parties : Une base de référence contenant les fichiers sonores exemples, une base de fichiers dédiée au

développement de la méthode et finalement une base de signaux test afin d'estimer objectivement les performances. Leur description est détaillée dans le tableau suivant (Tableau 1) :

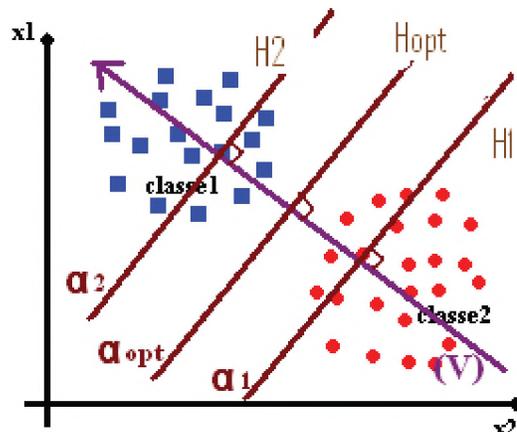


Figure 3. L'influence du paramètre α sur l'hyperplan séparateur.

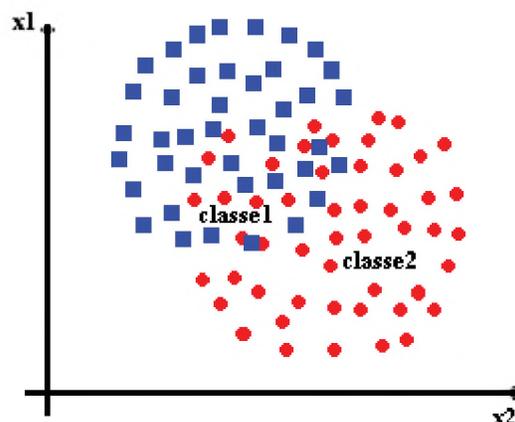


Figure 4. Exemple de données linéairement non séparables

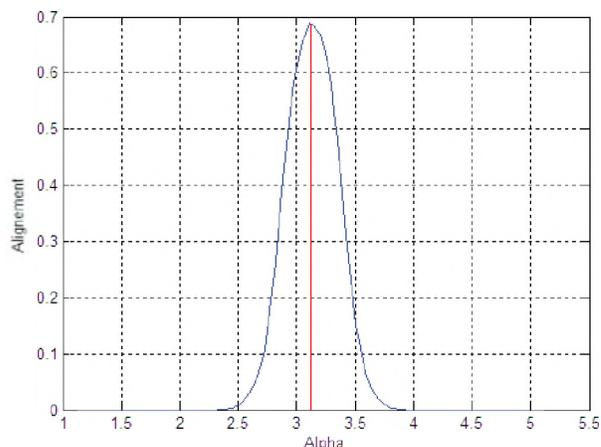


Figure 5. Le paramètre α en fonction de l'alignement dans un cas non séparable.

Fichier	Durée (s)	%M	%P	%S	%B
Mref.wav	-	100	0	0	0
Pref	-	0	100	0	0
Sref	-	0	0	100	0
Bref	-	0	0	0	100
Dev1	300	35	50	5	10
Dev2	600	50	35	10	5
Dev3	900	0	90	5	5
Dev4	1200	90	0	5	5
Test1	1800	25	30	20	25
Test2	2700	50	20	15	15

Tableau 1. Description de la base de données

6.2 Le Critère de Performance

Le critère de performance adopté est la mesure F définie comme étant la combinaison de deux métriques appelées Précision et Rappel empruntées à la RI (Information Retrieval) [Pinquier 2004, Mauclair 2006] : Le Rappel mesure la capacité d'un système à sélectionner les hypothèses pertinentes :

$$\text{Rappel}_i = \frac{\text{Trames correctement attribués à la classe } i}{\text{Nombre de trames appartenant à la classe } i}$$

La précision mesure la capacité du système à rejeter les hypothèses non pertinentes :

$$\text{Précision}_i = \frac{\text{Trames correctement attribués à la classe } i}{\text{Nombre de trames attribué à la classe } i}$$

La combinaison harmonique de ces deux métriques donne F mesure :

$$F = \frac{2 * \text{précision} * \text{rappel}}{\text{précision} + \text{rappel}} \quad (11)$$

Les fichiers sonores sont échantillonnés à 35Khz et la paramétrisation est effectuée par l'outil HTK Tools [Young 2002]. Nous avons choisi d'utiliser les coefficients MFCC évalués au centi-seconde (fenêtre de Hamming de 32 ms) et dont le nombre est variable (Tableaux 4,5,6,7). Dans ce qui suit nous allons présenter les différentes expériences réalisées afin de quantifier les performances de notre méthode. La décision est prise trame par trame.

6.3 Expériences sur les signaux de développement

a- Influence de la normalisation de l'énergie

Ci-dessous sont présentes les résultats pour des fichiers sans normalisation de l'énergie (Tableau 2), puis avec normalisation de l'énergie (Tableau 3) :

Nous observons que les résultats s'améliorent sensiblement avec la normalisation de l'énergie.

F. mes Fichier	Bruit	Silence	Musique	Parole
Dev1	83.22%	92.77%	76.32%	82.32%
Dev2	83.22%	95.16%	72.16%	87.12%
Dev3	79.34%	87.13%	Pas de Musique	89.67%
Dev4	87.32%	86.36%	91.17%	Pas de Parole.

Tableau 2. Données avec énergies non normalisées

F. mes. Fichier	Bruit	Silence	Musique	Parole
Dev1	93.55%	96.77%	97.17%	98.32%
Dev2	93.55%	95.16%	95.64%	95.24%
Dev3	85%	87.13%	P.M.	99.07%
Dev4	94.49%	86.36%	98.83%	P.P.

Tableau 3. Données avec énergies normalisées

b- Influence de la dimension des descripteurs

Dans l'expérience qui suit on fait varier la dimension des descripteurs MFCC et on observe l'évolution de F mesure correspondante à la détection de chaque classe. Les tableaux qui suivent illustrent les résultats en fonction de la variation des fichiers de développement :

Dim. Fichier	8	12	16	20	24	30	35	40
Dev1	3625	93.55	93.55	93.55	3625	34.52	93.55	93.55
Dev2	16.57	93.55	93.55	93.55	16.57	16.20	93.55	93.55
Dev3	85	85	85	85	85	70.83	85	85
Dev4	10.25	94.49	94.49	10.25	10.32	10.32	94.49	94.49

Tableau 4. Influence la dimension des descripteurs : F mesure correspondant à la classe Bruit

Dim. Fichier	8	12	16	20	24	30	35	40
Dev1	16.13	ND	96.77	96.77	19.87	25.21	96.77	ND
Dev2	35.19	8.82	95.16	95.16	40.27	47.97	95.16	8.82
Dev3	9.75	17.24	87.13	87.13	9.75	10.01	87.13	17.24
Dev4	86.36	15.79	87.10	87.10	86.36	86.36	86.36	15.79

Tableau 5. Influence la dimension des descripteurs : F mesure correspondant à la classe Silence

Dim. Fichier	Durée(s)							
	8	12	16	20	24	30	35	40
Dev1	N D	97.17	97.17	97.17	ND	ND	97.17	97.17
Dev2	N D	95.64	95.64	94.22	ND	ND	95.64	95.64
Dev3	P M	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
Dev4	N D	98.83	98.83	98.83	98.8	1.47	98.83	98.83

Tableau 6. Influence la dimension des descripteurs :
F mesure correspondant à la classe Musique

Dim. Fichier	Durée(s)							
	8	12	16	20	24	30	35	40
Dev1	ND	98.32	98.32	98.32	37.84	56.46	98.32	98.32
Dev2	ND	95.24	95.24	93.46	36.29	57.72	95.24	95.24
Dev3	1.22	98.7	98.7	99.22	1.22	3.14	99.07	98.19
Dev4	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP

Tableau 7. Influence la dimension des descripteurs :
F mesure correspondant à la classe Parole

c- Influence de la durée des fichiers de référence

Dans ces expériences on varie la durée des fichiers de référence et observe l'évolution de la F mesure correspondant à chaque classe. Nous rappelons que les fichiers de référence sont considérés comme des échantillons de classes sonores et qu'il est souhaitable que leur taille soit la plus petite possible afin de ne pas peser sur les charges de calculs de l'algorithme.

Fichier	Durée(s)				
	10	20	30	40	50
Dev1	93.55	93.55	36.25	34.52	93.55
Dev2	93.55	93.55	16.96	16.20	93.55
Dev3	85	85	85	65.38	85
Dev4	94.49	94.49	10.32	10.25	94.49

Tableau 8. Influence de la durée des fichiers de référence :
F mesure correspondant à la classe Bruit

Fichier	Durée (s)				
	10	20	30	40	50
Dev1	96.77	96.77	16.13	16.85	96.77
Dev2	95.16	95.16	36.04	37.85	95.16
Dev3	87.13	87.13	9.75	10.01	87.13
Dev4	87.10	87.10	81.43	86.36	87.10

Tableau 9. Influence de la durée des fichiers de référence :
F mesure correspondant à la classe Silence

Fichier	Durée(s)				
	10	20	30	40	50
Dev1	93.64	97.17	ND	ND	97.17
Dev2	91.94	94.22	ND	ND	94.37
Dev3	PM	PM	PM	PM	PM
Dev4	98.83	98.83	ND	ND	98.83

Tableau 10. Influence de la durée des fichiers de référence :
F mesure correspondant à la classe Musique

Fichier	Durée (s)				
	10	20	30	40	50
Dev1	95.50	98.32	ND	ND	98.32
Dev2	88.89	93.46	14.10	14.10	93.20
Dev3	87.54	87.70	1.22	1.22	96.12
Dev4	PP	PP	PP	PP	PP

Tableau 11. Influence de la durée des fichiers de référence :
F mesure correspondant à la classe Parole

d- Influence de la taille de la fenêtre de lissage

Suite à l'étape de classification un fichier de labels est créé. Il s'agit de regrouper d'abord les labels identiques adjacents, ensuite appliquer une fenêtre de lissage glissante dans le temps afin d'éliminer les segments issus de l'assemblage et qui sont non significatifs, c'est-à-dire dont la durée est inférieure à une durée minimale critique. Dans les expériences suivantes on fait varier la taille de la fenêtre de lissage et on relève la valeur de F mesure correspondant à la détection de chaque classe. L'objectif est d'ajuster ce paramètre à la valeur minimale qui donne un maximum de F mesure selon la classe considérée.

Fichier	Taille(s)			
	1	3	5	8
Dev1	PD	96.67	96.67	93.55
Dev2	PD	96.67	96.67	93.55
Dev3	PD	90.24	89.41	85
Dev4	PD	97.56	97.56	94.49

Tableau 12. Influence de la taille de la fenêtre de lissage :
F mesure correspondant à la classe Bruit

Fichier	Taille(s)			
	1	3	5	8
Dev1	PD	93.33	93.33	96.77
Dev2	PD	100	98.33	95.16
Dev3	PD	91.49	91.49	87.13
Dev4	PD	96.72	96.67	87.10

Tableau 13. Influence de la taille de la fenêtre de lissage :
F mesure correspondant à la classe Silence

Taille(s) Fichier	1	3	5	8
Dev1	PD	PD	97.14	97.17
Dev2	PD	PD	97.33	95.64
Dev3	PM	PM	PM	PM
Dev4	PD	PD	99.44	98.83

Tableau 14. Influence de la taille de la fenêtre de lissage : F mesure correspondant à la classe Musique

Taille(s) Fichier	1	3	5	8
Dev1	PD	PD	98.01	98.32
Dev2	PD	PD	96.21	95.24
Dev3	PD	PD	98.44	98.7
Dev4	PP	PP	PP	PP

Tableau 15. Influence de la taille de la fenêtre de lissage : F mesure correspondant à la classe Parole

Des expériences de développement qui précèdent nous concluons qu'une paramétrisation MFCC au nombre de 16 avec énergie normalisée est celle qui donne de meilleures performances quant à la discrimination des classes (Fmesure élevé) pour l'ensemble des fichiers de développement. Le choix du type de paramétrisation et du nombre de paramètres peut amener à ne pas détecter la classe ciblée (ND : Non Détection). D'autre part, une taille moyenne de 10 ou 20 secondes des fichiers de référence donne des performances acceptables alors qu'une fenêtre de lissage de 5 secondes est la plus appropriée. En effet pour des longueurs de fenêtre de filtrage inférieur à cette valeur critique on peut rater la détection d'une classe (PD : Pas de Détection, PP : Pas de Parole et PM ; pas de Musique). De ce fait, les expériences sur les fichiers de développement ont permis de mettre en évidence les paramètres optimaux de la méthode eu égard aux fichiers sonores de la base de donnée considérée. Ces paramètres sont alors : Une paramétrisation acoustique MFCC de 16 paramètres avec énergie normalisée, une taille de fichiers de référence de 10 secondes et une taille de la fenêtre de lissage de 5 secondes.

6.4 Expériences sur les signaux de Test

Dans cette partie nous considérons deux fichiers sonores de taille et complexité plus importants par rapport aux fichiers de développement (Tableau 1).

Ces fichiers serviront à la validation de la méthode en tenant compte de l'ajustement des paramètres effectué lors de la phase de développement. Le critère de performance adopté dans ce cas est la matrice de confusion. Les tableaux ci-dessous (Tableaux 16, 17) traduisent les résultats de la méthode pour le fichier Test1.wav avec les paramètres suivants : (D=16 Coefficients MFCC avec normalisation d'énergie ; la durée des fichiers de référence est de 20 secondes ; la taille de la fenêtre de lissage est de 5 secondes avec un recouvrement de 50%). Ces résultats confirment clairement la segmentation correcte des classes sonores.

Classe Estimée Classe réelle	Bruit	Silence	Musique	Parole
Bruit	89.41	2.83	3.53	4.23
Silence	2.66	94.70	2.64	0
Musique	1.98	0.57	96.23	1.12
Parole	2.65	0	2.23	95.12

Tableau 16. Matrice de confusion pour le fichier Test1.wav

Classe Estimée Classe réelle	Bruit	Silence	Musique	Parole
Bruit	88.36	3.33	4.03	4.23
Silence	3.26	94.02	2.74	0
Musique	0.98	0.57	97.23	1.12
Parole	2.77	0	3.23	94.00

Tableau 17. Matrice de confusion pour le fichier Test2.wav

7. Conclusions et perspectives

Nous venons de présenter dans cet article de recherche une méthode originale de segmentation sonore permettant une indexation audio en classes multiples (parole, musique, bruit et silence). Cette méthode de classification semi supervisée fait appel à une méthode combinant l'analyse en composantes principales et le critère d'alignement de noyaux introduit et souvent exploité dans l'apprentissage statistique [Cristiannini 2002, Vert 2004, Kandola 2002]. Cette contribution constitue une des rares applications de ce critère en traitement de signaux audio.

Nous avons montré la faisabilité de cette méthode et évalué ces performances sur une base de signaux sonores issues d'enregistrements radiodiffusés dont nous avons varié les durées et le contenu. Les résultats établis sont prometteurs et permettent d'envisager son utilisation alternative aux autres méthodes d'indexation de l'état de l'art [Essid (2005), Fergani (2007)]. Son principal avantage par rapport aux méthodes génératives et discriminatives (GMM, HMM et SVM par exemple) est son indépendance vis-à-vis de la modélisation des classes et sa faible charge de calculs qui traduit par conséquent une rapidité de mise en œuvre puis de décision, ce qui permet d'envisager son implantation sur des processeurs DSP ou FPGA et par conséquent son exploitation dans un processus de décision en ligne. Un travail en perspective concerne l'adéquation de la méthode avec les descripteurs acoustiques autres que les MFCC ainsi que sa robustesse par rapport au recouvrement temporel de classes sonores.

BIBLIOGRAPHIE

- Ajmera J. (2004), "Robust Audio Segmentation"
PhD Thesis, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL).
- Bishop M. C. (2006), "Pattern Recognition and Machine Learning"
Springer, Jordan M., Kleinberg J., Schölkopf B. Eds.

- Burges C. (1998), "A tutorial on Support Vector Machines for pattern recognition" *Data Mining and Knowledge Discovery* 2 (2).
- Cristianini N., Shaw-Taylor J., Elisseeff A. and Kandola J. (2002). "On kernel-target alignment" *Advances in Neural Information Processing Systems*, Vol.14, pp. 367-373.
- Duda R.O., Hart P.E., Stork G. (2001) "Pattern Classification" 2nd Ed., Wiley, NY.
- Essid S. (2005). "Classification automatique de signaux audio-fréquence : reconnaissance des instruments de musique", PhD Thesis, Université Pierre et Marie Curie .
- Fergani B. (2007) "Application des Méthodes à Vecteurs de Support pour l'indexation en locuteurs de documents audio" PhD Thesis Université Technique d'Alger (USTHB).
- Fergani B., Davy M., Houacine A., (2007) "Segmentation en locuteurs de documents audio : Une nouvelle approche basée sur les méthodes à vecteurs de support mono classe", *Canadian Acoustics*, Vol 35 N°4, pp. 3-10.
- Herbrich R. (2002), "Learning Kernel Classifiers: Theory and Algorithms" MIT Press, Cambridge USA.
- Kandola J., Shaw-Taylor J. and Cristianini N., (2002) "On the extensions of kernel alignment", Dept. of Computer Science, University of London, Tech. Rep. 120
- Llorente Godino J. I. and Co (2005), "Discriminative methods for the detection of voice disorders" *NoLisp*, April 2005.
- Lu L., Li S. and Zhang H.-J. (2001), "Content-based audio segmentation using Support Vector Machines" *ACM Multimedia Conference*, Canada.
- Lu L. and Zhang H.-J. (2002), "Content analysis for audio classification and segmentation" *IEEE Trans. SAP* 10(7):504-516.
- Maclair Julie (2006), "Mesures de confiance en traitement automatique de la parole et applications", PhD Thesis Université du Maine, Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine.
- Meignier S., Moraru D., Fredouille C., Besacier L., Bonastre J.F. (2004) "Benefits of prior acoustic segmentation for automatic speaker segmentation" *IEEE ICASSP 2004*, Montreal Canada.
- O'Shaughnessy D. (2008), "Automatic Speech Recognition: History, Methods and Challenges" *Pattern Recognition*, Elsevier.
- Pinquier J. (2004). "Indexation Sonore: recherche de composantes primaires pour une structuration audiovisuelle", PhD Thesis, Université Paul Sabatier, Toulouse III.
- Rabiner L. (1989), "A tutorial on hidden markov models and selected applications in speech recognition" *Proc. IEEE* 77(2): 257-286.
- Seck M., Magrin-Chagnolleau I. and Bimbot F., (2001) "Experiments on speech tracking in audio documents using GMM" *IEEE ICASSP USA*.
- Theodoridis S. and Koutroumbas K. (2003), "Pattern Recognition, 2nd Ed.", Elsevier.
- Tzanetakis G. and Cook P. (2002) "Musical Genre Classification of Audio Signals" *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 10(5):293-302.
- Ulusay I., Bishop M. C. (2006), "Comparison of Generative and Discriminative Techniques for Object Detection and Classification" *LNCS4170 Springer-Verlag*.
- Vert J.P., Tsuda K., Schölkopf B. (2004). "A primer on kernel methods" *Kernel Methods in Computational Biology*, Schölkopf B, Tsuda K and Vert J.P. Eds. Cambridge MA: the MIT Press, pp.35-70.
- Young S. and all (2002), "The HTK Book" Ver.3.2.1

LABORATORY PERFORMANCE OF THE SINGLE-SIDED E-A-R[®] COMBAT ARMS HEARING PROTECTIVE EARPLUG

Sharon M. Abel and Christina Powlesland

Individual Readiness Section, Defence Research and Development Canada – Toronto
1133 Sheppard Avenue West, Toronto, Ontario, Canada M3M 3B9

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the effect of wearing conventional and passive level-dependent hearing protection earplugs on hearing and horizontal plane sound source identification, in quiet. A single device was tested that incorporated these as separate modes of operation. Ten males and ten females with normal hearing participated. Each was tested with the ears unoccluded and fitted binaurally with the device in each mode. Measurements were made of free-field hearing thresholds for one-third octave noise bands with centre frequencies ranging from 250 Hz to 8000 Hz and the ability to discriminate among eight speakers surrounding the subject at a distance of 1 metre. The stimulus was a 300-ms, 75-dB SPL white noise burst. The sound attenuation was derived from the hearing thresholds. With the device in the conventional mode, mean thresholds were in the range of 36.2 dB to 53.3 dB SPL, signifying an induced mild hearing loss. In the level-dependent mode, thresholds were at most 37.9 dB SPL. Mean attenuation values were generally similar to the manufacturer's specifications. There was no effect of gender. Percent correct for sound source identification decreased by 40% with the conventional mode and by 20% with the level-dependent mode. Degree of attention, then appears to be a key factor for outcome. However, an analysis of error types showed that the level-dependent mode of operation resulted in a frontward bias that was similar to that observed previously with a device incorporating external microphones for enhanced communication.

SOMMAIRE

Le but de cet article est de comparer l'effet du port de bouchons conventionnels à celui de bouchons passifs avec atténuation dépendante du niveau acoustique sur l'audition et l'identification de sources sonores dans le plan horizontal dans le silence. Un protecteur permettant ces deux modes d'opération a été étudié auprès de dix hommes et dix femmes ayant une audition normale. Chaque individu a été évalué sans protection auditive et avec port binaural du protecteur dans chacun des deux modes. Les seuils auditifs en champ libre ont été mesurés pour des bandes de bruits tiers d'octave centrées sur des fréquences entre 250 Hz et 8000 Hz, ainsi que la capacité à discriminer huit haut-parleurs placés à un mètre autour des participants. Le stimulus était d'une durée de 300 ms et était présenté à 75 dB SPL. Le degré d'atténuation a été déduit à partir des seuils auditifs. En mode conventionnel, des seuils moyens entre 36.2 et 53.3 dB SPL ont été obtenus, équivalant à une perte auditive de degré léger. En mode avec atténuation dépendante du niveau, les seuils auditifs n'ont pas dépassés 37.9 dB SPL. Les valeurs moyennes d'atténuation obtenues étaient en général similaires aux données fournies par le fabricant. Aucun effet du genre n'a été observé. Comparativement à la condition sans protection auditive, le pourcentage d'identifications correctes de la source sonore avec port du protecteur a chuté par 40% en mode conventionnel et par 20% en mode avec atténuation dépendante du niveau. Le degré d'atténuation semble donc être un facteur clé pour expliquer les résultats obtenus. Par contre, une analyse du type d'erreurs commises en mode avec atténuation dépendante du niveau a démontré un biais pour des réponses vers l'avant similaire à celui obtenu antérieurement avec un protecteur incorporant des microphones externes pour améliorer la communication.

1. INTRODUCTION

Continuous unprotected exposure to continuous noise levels in excess of 85 dBA or impulse noise exceeding 140 dB peak will result in a hearing loss (ISO, 1990; Abel, 2005). Hearing impairment may be reduced either by reducing the level of the noise at the source or by using personal hearing

protection devices. Since sound reduction at the source is difficult and costly to achieve (Sheen and Hsiao, 2007), the cornerstone of hearing conservation programs, in both civilian and military occupational settings, is the wearing of hearing protective earplugs and earmuffs. Conventional passive level-independent plugs and muffs reduce sounds by the same amount regardless of their level. High frequencies

are reduced more than low frequencies. For muffs, sound attenuation typically increases from about 10 dB at 250 Hz to 35 dB at 1000 Hz and then remains fairly constant. In general, plugs provide more low-frequency attenuation than muffs. However, the outcome varies widely, depending on the particular device chosen and the goodness of the fit in individual users (Berger, 2000).

By comparison, the attenuation provided by level-dependent devices will vary depending on the ambient noise in which they are worn (Abel et al., 1993). Passive level-dependent hearing protectors do not impede sound at low to moderate intensities but do protect against exposure to high-level impulse noise (Abel and Lam, 2004). Such devices incorporate a precision orifice in an acoustical duct which improves transmission of low-level sounds. High-level impulses in the range of 120 dB will create turbulent air flow in the orifice which restricts their passage. There are two types of active level-dependent hearing protectors. The first type provides limited amplification for low-level sounds and conventional attenuation at higher levels. The second type samples the incoming waveform and adds it out of phase to the original with the goal of noise cancellation. While no devices currently available provide complete cancellation, these may increase the attenuation at frequencies below 1000 Hz by as much as 20 dB (McKinley et al., 1996).

Regardless of the hearing protector selected, users express concern that the device will interfere with the detection and localization of warning sounds and the ability to communicate, thereby compromising performance and increasing personal risk (Abel, 2008; Casali et al., 2009). This has been confirmed by laboratory studies which show that the sound attenuation afforded by the hearing protector will add to the user's hearing threshold. Thus, a mild hearing loss may become moderate to severe, with the consequence that environmental sounds may become distorted or will have to be much louder to be heard (Abel et al., 1993). In both normal and hearing impaired individuals, the wearing of plugs and muffs has been shown to obstruct spectral cues derived from the filtering effect of the outer ear. These normally enable the discrimination of front from rearward sound sources (Musicant and Butler, 1984; Blauert, 1997; Abel et al., 2007).

In a previous research study, the sound attenuation of the E-A-R® Combat Arms earplug was investigated (Abel and Lam, 2004). This device is comprised of two separate plugs attached stem-to-stem. One plug (olive colour) is a conventional level-independent device that is worn in steady-state noise. The other (yellow colour) is a passive level-dependent device that is meant to be worn in environments characterized by a relatively low ambient with sporadic high-level impulses (e.g., weapons fire). It provides significantly less attenuation than its conventional pair mate, thereby promoting communication while minimizing exposure to impulsive sounds. Results of the study showed that the attenuation of both devices, 21-40 dB for the conventional plug and 5-22 dB for the level-dependent plug, closely matched the manufacturer's specifications.

A single-sided version of the E-A-R® Combat Arms earplug has recently been marketed (see Figure 1). This device comprises one plug with a selector dial that enables the user to choose the mode of operation, conventional or level-dependent for steady-state noise and impulse (weapons fire) noise, respectively. An advantage of this updated version is that it is available in three sizes enabling a better fit for individual users. The aim of the present study was to assess the real-ear attenuation at threshold of this device in each of its two modes of operation, in men and women, and also to test the effect of each mode on auditory detection and horizontal plane sound source identification. The objective was the generation of new information that would help individuals employed in military combat arms trades to understand the relative benefits and drawbacks of this device for active combat, in terms of both its ability to protect hearing and its effect on situational awareness (Abel et al., 2009).



Figure 1. The single-sided E-A-R® Combat Arms earplug. The top panel shows the dial in the level-dependent mode, with the image of the weapon pointing towards the plug. The bottom panel shows the dial in the conventional mode, with the weapon pointing away from the plug.

2. METHOD AND MATERIALS

2.1 Experimental Design

The study protocol was approved in advance by the Human Research Ethics Committee, Defence Research and Development Canada. Two groups of 10 males and 10 females (military and/or civilian), aged 18-60 years, with normal hearing were tested. In each individual, hearing thresholds and sound source identification were assessed under three experimental conditions in which the ears were: unoccluded (Unocclud), fitted binaurally with the single-sided version of the Combat Arms earplug in the steady state noise mode (CAE SS), and fitted binaurally with the single-sided version of the Combat Arms earplug in the weapons fire mode (CAE WF). The unoccluded condition was presented first, followed by the CAE SS and then the CAE WF. Presentation of the unoccluded condition first ensured that subjects would have a good understanding of the procedures before proceeding to the occluded conditions where hearing would be compromised. Previous studies have shown that learning effects for sound source identification are less than 5% (Abel et al., 2009).

The selection of size of the earplug for each subject was made by a trained technician after inspection of the ear canals. Subjects were then given verbal instructions for inserting the device prior to doing so themselves. The fits were checked by the technician to insure that the plugs were well seated in the ear canal. This protocol is a variation of Method A (Experimenter-Supervised Fit) described in ANSI Standard S12.6-1997 for measuring the real-ear attenuation of hearing protectors. If necessary, other sizes were tried. In the CAE SS mode, the subject's free-field hearing threshold was measured first at 4000 Hz and compared with the unoccluded threshold at the same frequency, as a way to ensure that a good fit had been achieved with the size selected before proceeding.

Hearing thresholds were measured once for each of eight one-third octave noise bands, centred at 250, 500, 1000, 2000, 3150, 4000, 6300 and 8000 Hz. The sound attenuation provided by the earplug in each mode of operation, the real-ear attenuation at threshold (REAT), was derived by subtracting the hearing threshold obtained for the ears unoccluded (control) condition from the hearing thresholds obtained for the hearing protector in each of its two modes of operation, at each sound frequency tested (Berger, 2000).

Sound source identification was assessed using a horizontal array of eight loudspeakers positioned at the following azimuth angles: 15°, 75°, 105°, 165°, 195° (-165°), 255° (-105°), 285° (-75°) and 345° (-15°). Two speakers were placed in each of the four spatial quadrants at azimuths that would allow an examination of right-left and front-back confusions among mirror image azimuths close to the midline and interaural axes of the head. These were positioned at a distance of 1 m from the subject's centre head position, at ear height. The stimulus was a 75 dB SPL, 300-ms white noise burst with a 50-ms rise/decay time to minimize onset transients. Broadband noise allows the observer access to binaural (ITD and ILD) and spectral cues in combination (Blauert, 1997).

2.2 Subjects

Subjects were recruited by means of an email sent to employees of Defence Research and Development Canada – Toronto (DRDC Toronto). Prior to inclusion in the study, volunteers were screened by telephone for a history of ear disease, hearing loss and tinnitus, excessive wax in the outer ear canal, claustrophobia and difficulty concentrating over a 2-hour period. Those who passed these screening criteria underwent a hearing test conducted by a trained technician to ensure that pure-tone air conduction thresholds were no greater than 20 dB HL (i.e., no more than a mild hearing loss) at 500, 1000, 2000 and 4000 Hz (Yantis, 1985), and that the interaural difference at each of these frequencies was no greater than 15 dB. The latter requirement was meant to minimize a possible left/right bias in sound localization. Those who passed the hearing test were scheduled for participation in the study.

2.3 Apparatus

Subjects were tested individually while seated in the

centre of a double-walled, semi-reverberant sound proof booth (Series 1200; IAC, Bronx, NY) with inner dimensions of 3.5 (L) × 2.7 (W) × 2.3 (H) metres that met the requirements for hearing protector testing specified in American National Standard S12.6-1997 (ANSI, 1997). The ambient noise was less than the maximum permissible for audiometric test rooms specified in American National Standard S3.1-1999 (ANSI, 1999). Reverberation times were 0.6s at 125 Hz and 250 Hz, 0.4 s from 500 Hz to 4000 Hz, and 0.3 s at 6000 Hz and 8000 Hz. The instrumentation and calibration methods have been described previously (Giguère and Abel, 1990; Giguère and Abel, 1993).

The one-third octave noise bands for the hearing threshold measurements were produced using a white noise generator (B&K 1405; Brüel and Kjaer Instruments, Norcross, GA) and band pass filter (B&K 1617; Brüel and Kjaer Instruments, Norcross, GA). Outputs were fed to a manual range attenuator (HP 350-D; Hewlett-Packard, Palo Alto, CA) and receiver (RX-V620; Yamaha, Buena Park, CA) and presented free-field over a set of three loudspeakers (DL10; Celestion, Maidstone, Kent, UK), positioned to create a uniform sound field. Subjects used a hand held push-button switch to indicate that they had heard the stimulus.

For the sound source identification test, subjects were seated in the centre of a circular array of eight loudspeakers (Minimus 3.5; Radio Shack Corp, Fort Worth, Tx), closely balanced with respect to output levels (1.5 dB) and frequency response from 125-12000 Hz (2.5 dB). The stimulus was produced by a noise generator (Type 1405; Brüel and Kjaer Instruments, Norcross, GA). Level was set using a programmable attenuator (S85-08; Coulbourn Instruments, Lehigh Valley, PA) and a set of integrated stereo amplifiers (Realistic SA-150; Radio Shack Corp, Fort Worth, Tx). Subjects signified their spatial judgments by means of a specially designed laptop response box consisting of a set of eight micro switches in the same configuration as the speaker array, both in number of elements and azimuth angles.

For both paradigms, the timing of events, including stimulus duration and envelope shape, and logging of responses were accomplished using a modular system (Coulbourn Instruments, Lehigh Valley, PA). Devices were controlled by a personal computer via IEEE-488 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, NY) and Labline interfaces (Coulbourn Instruments, Lehigh Valley, PA), and digital I/O lines.

2.4 Procedure

Hearing thresholds were measured using a variation of Békésy tracking (Brunt, 1985). For each threshold determination, the stimulus was pulsed continuously at a rate of 2.5 per second. The pulse duration was 250 ms including a rise/decay time of 50 ms. Subjects were instructed to depress an on/off push-button switch whenever the pulses were audible, and to release the switch when they could no longer be heard. The sound level of consecutive pulses was increased in steps of 1 dB until the switch was

depressed and then decreased at the same rate of change until the switch was released. The tracking trial was terminated after a minimum of eight alternating intensity excursions with a range of 4 to 20 dB. Hearing threshold was defined as the average sound level of the eight final peaks and valleys.

For sound source identification, one block of forced-choice loudspeaker identification trials was given for each of the three experimental conditions. The trial block comprised 15 random presentations of the stimulus through each of the eight loudspeakers, in randomized sets of eight, giving a total of 120 trials. The rate of presentation of trials was approximately one every seven seconds. Each trial began with a ½-sec warning light on the response box, followed by a ½-sec delay and the presentation of the 300-msec broadband noise stimulus. When the warning light flashed, the subject focused on a straight-ahead visual target affixed to the wall of the booth. This ensured that the speaker array and coordinate system of the head were aligned. She/he was instructed to sit squarely and to try to minimize head movement, although the head was not restrained. Previous research has shown that head movements may help to resolve front/back confusions (Wightman and Kistler, 1999).

Following each stimulus presentation, the subject pushed the microswitch on the laptop response box corresponding to the loudspeaker that emitted the stimulus. She/he was advised to use both hands for responding, the right hand for buttons on the right and the left hand for buttons on the left, to eliminate the possibility of errors from crossing the hand to the contralateral side. Guessing, if uncertain, was encouraged and no feedback was given about the correctness of the judgments. A set of two practice trials/loudspeaker with feedback (i.e., 16 trials) was given at the start of the session with the ears unoccluded to provide the subject with a spatial sense of the loudspeaker array relative to the response buttons, and to ensure that instructions had been understood.

3.0 RESULTS

The dataset for each subject consisted of (1) hearing thresholds for each of eight frequencies, (2) derived attenuation scores, (3) the overall percentage (percent) correct sound localization judgments, (4) the percent correct for each of the four spatial quadrants, (5) the percent correct by azimuth and (6) the percent mirror image reversal errors for positions close to the midline and interaural axes, under each of the three ear conditions. Repeated measures analyses of variance, ANOVA (Daniel, 1983), were applied to each outcome measure to assess the effect of ear condition (unoccluded, CAE SS and CAE WF), gender (male vs female), and various test parameters. For each ANOVA, Mauchley's Test of Sphericity was applied to the data to test the hypothesis that the variances of the differences between the levels of the repeated measures factors were not significantly different (Howell, 2002). If they were different, then the Greenhouse-Geisser correction

was applied. Post hoc pairwise comparisons between levels of significant factors were made using the Bonferroni correction (Miller, 1991).

The means of free-field hearing thresholds for the 20 subjects, averaged across gender groups, are shown in Figure 2. An ANOVA applied to the data indicated significant effects of ear condition, frequency, ear condition by frequency, and ear condition by frequency by gender ($p < 0.02$ or better). There was no main effect of gender. Averaged across gender and frequency, mean thresholds for the unoccluded, CAE SS and CAE WF conditions were 10.1, 41.7 and 26.7 dB SPL, respectively. Post hoc comparisons indicated that these were significantly different from each other. For both unoccluded and CAE SS conditions, thresholds were at a minimum in the region of 3150 Hz to 4000 Hz. For the CAE WF, thresholds steadily increased from 500 Hz to 8000 Hz.

The attenuation provided by the earplug in each of its two modes of operation, derived from the threshold data, are presented in Table I. Regardless of the mode of operation, CAE SS or CAE WF, observed mean values were within 5 dB of the manufacturer's specification, except for the CAE WF at 250 Hz, where the observed value was 8 dB less. Standard deviations were also comparable at 6 dB or less, except for the CAE SS at 250, 500 and 1000 Hz where they ranged from 8-10 dB. An ANOVA applied to the observations showed significant effects of protector mode, frequency, protector mode by frequency, and protector mode by frequency by gender ($p < 0.02$ or better). Across frequencies, attenuation values for the CAE SS were relatively stable at 27.0 dB to 34.7 dB. In contrast, attenuation values for the CAE WF increased from -2.9 dB at 250 Hz to 24.8 dB at 3150 Hz and then remained fairly stable at 23.6 dB, on average, from 4000 Hz to 8000 Hz. From 2000 Hz to 8000 Hz the CAE SS provided 8.9 dB to 10.6 dB more attenuation than the CAE WF. Differences in the same direction from 250 Hz to 1000 Hz decreased from 29.9 dB to 16.6 dB.

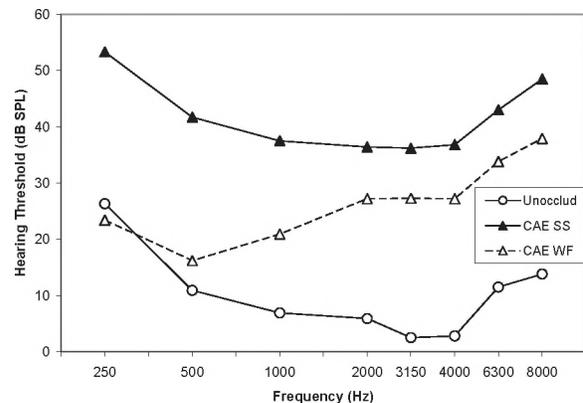


Figure 2. Free-field hearing thresholds with the ears unoccluded and fitted with single-sided E-A-R® Combat Arms earplugs.

Overall percent correct for sound source identification varied significantly across ear conditions but not gender, ranging from a mean of 90.4% for unoccluded listening to 70.1% with the CAE WF to 48.9% with the CAE SS ($p < 0.0001$). Post hoc comparisons showed that these were significantly different from each other. Averaged across ear conditions, the change in accuracy from the first sixteen to the last sixteen trials which might show evidence of practice or fatigue was not significant. However, there were significant effects of ear condition and ear condition by change ($p < 0.01$ or better). Observable gains were less than 1% for the unoccluded and CAE WF conditions, and 11.6% for the CAE SS.

Accuracy in discriminating the four spatial quadrants is shown in Figure 3. The data were averaged across gender groups. An ANOVA applied to these data indicated that there were significant effects of ear condition and side (right vs left) ($p < 0.01$ or better) but not gender or quadrant (front vs back). In order to elucidate, ANOVAs were subsequently applied to the data for the three ear conditions, taken separately. The ANOVA for unoccluded listening showed a significant effect only of quadrant ($p < 0.05$). Averaged across sides, frontal accuracy exceeded rearward accuracy by 7.5%, with 94.4% for the frontal quadrant and 86.9% for the rearward quadrant. There were no significant differences when the ears were fitted with the CAE SS. On average, quadrant accuracy was 54.4%. For the CAE WF, there were significant effects of side and quadrant ($p < 0.04$ or better). Averaged across quadrants, the accuracy on the right side exceeded the left side by 3.6%. Averaged across sides, accuracy for the frontal quadrant exceeded that for the rearward quadrant by 24.5%, with 83.2% for the frontal quadrant and 58.7% for the rearward quadrant.

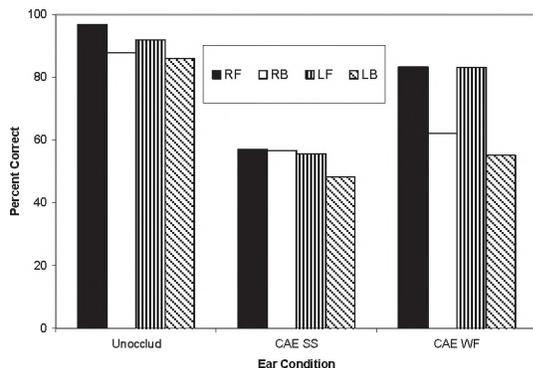


Figure 3. Quadrant discrimination with the ears unoccluded and fitted with single-sided E-A-R® Combat Arms earplugs.

Figure 4 shows the mean percent correct for each of the eight azimuths, averaged across gender groups. For all three conditions, outcomes appeared to be similar for mirror image azimuths on the right (15, 75, 105 and 165 deg) and left (345, 285, 255 and 195 deg) sides. An ANOVA applied to the data for the unoccluded condition showed that there was a significant effect of azimuth ($p < 0.001$) but not side. Averaged across left and right sides, scores for the four azimuthal positions ranged from 75.2% to 99.5%. Pairwise

comparisons among azimuths indicated that the results for the front and rearward azimuths close to the midline axis were no different, nor were those on either side of the interaural axis. Performance was significantly better for the former than the latter ($p < 0.05$). A similar pattern was evident when subjects wore the CAE WF, although the scores were relatively lower. An ANOVA applied these data showed that for this condition both side and azimuth were significant ($p < 0.02$ or better) but not their interaction. Averaged across azimuth, the difference due to side was relatively small at 4.4%, with an advantage for the right. Averaged across sides, azimuthal percent correct ranged from 45.7% to 88.2%. Pairwise comparisons indicated that again the results for the two azimuths close to the midline axis were no different nor were those on either side of the interaural axis. Only the frontal azimuth close to the midline axis (highest score) was significantly different from the rearward azimuth close to the interaural axis (lowest score). In the case of the CAE SS, neither side nor azimuth was a significant factor. Averaged across sides, accuracy scores for the ranged from 42.8% to 57.5%.

An analysis of mirror image reversal errors for positions close to the midline and interaural axes of the head revealed that the likelihood of a right-left (left response given right stimulus, L/R, and right response given left stimulus) confusion was less than 5%, except for the CAE SS rearward hemisphere midline positions, 195 deg/165 deg

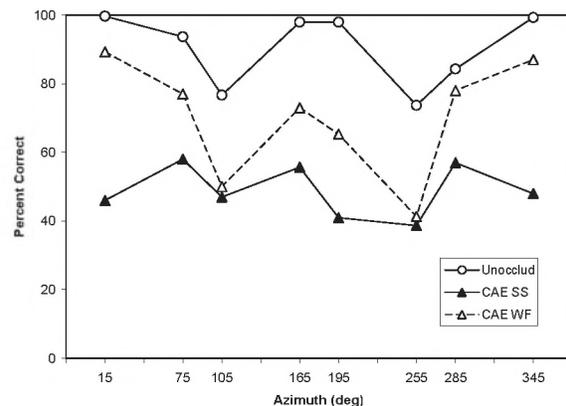


Figure 4. Azimuthal accuracy with the ears unoccluded and fitted with single-sided E-A-R® Combat Arms earplugs.

and 165deg/195deg, where the outcomes were 7.7% and 11.0%. As shown in Table II, the prevalence of front-back mirror image reversal errors (B/F and F/B) was substantially higher. ANOVAs applied to these data for each of the three ear conditions taken separately showed that in each case, position (midline vs interaural) was significant factor ($p < 0.0001$) but side (right vs left) was not. In the unoccluded and CAE WF conditions, the type of error (B/F vs F/B) was also significant ($p < 0.05$ or better). Averaged across right and left sides, the percentage of errors was more likely for the interaural position compared with the midline position, by 16-19% across the three ear conditions. At the interaural position, F/B errors were more likely than B/F by 14% and 34%, in the unoccluded and CAE WF conditions,

respectively. For the CAE WF, the likelihood of a F/B mirror image error at the interaural position was 54% (about half the trials), compared with 49% for the CAE SS and 25% for unoccluded listening.

4.0 DISCUSSION

The single-sided E-A-R[®] Combat Arms earplug was designed to give users the option of reduced attenuation to promote communication, with the added guarantee of enhanced protection against sporadic impulsive weapons fire. A dial on the stem of the device allows the user to switch to conventional level-independent attenuation in case of high-level steady-state ambients. In the present study, the REAT method was used to derive the attenuation achieved in each of these two modes of operation (Berger, 2000). This method has the advantage of giving individual hearing thresholds at a wide range of test frequencies, with the ears unoccluded and protected. These values provide insight into the level of difficulty that the user will experience under these conditions. In the present study, the mean free-field hearing thresholds observed with the ears unoccluded from 250 Hz to 8000 Hz matched minimal audible field measurements reported in the literature (see Green, 1976). When subjects wore the device in the steady-state mode, their mean thresholds were in the range of 36.2 dB to 53.3 dB SPL, signifying an induced mild hearing loss. At the speech frequencies, 500 Hz, 1000 Hz and 2000 Hz, thresholds were 38.5 dB SPL, on average. These values suggest that even in normal-hearing listeners, there might be some difficulty with speech understanding when the device is worn, depending on the level of the speech. By comparison, in the weapons fire mode, thresholds were at most 37.9 dB SPL, with an average of 21.4 dB SPL at the speech frequencies. This value is well below the fence for hearing loss (Yantis, 1985).

The mean attenuation values derived from the free-field threshold measurements were similar to the manufacturer's specifications, except for the value observed for the weapons fire mode at 250 Hz. No differences were observed due to gender, although lesser attenuation has been previously reported for females (Abel et al., 1988). This may be due to the fact that the device was available in three sizes. Of the 10 males tested, seven were fitted with the large size, two with regular and one with small. Of the 10 females, three were fitted with large size, five with regular and two with small. The data obtained for the two modes of operation are compared in Figures 5 and 6, respectively, with data obtained in the same laboratory using the same methods but with different subjects for the double-sided EAR[®] Combat Arms earplug (Abel and Lam, 2004) and Surefire EP3 Sonic Ear Defender[™] (Abel and Nakashima, 2008). The latter device consists of a single ear plug with an aperture that can be sealed. As shown in Figure 5, the single-sided EAR[®] Combat Arms earplug (CAE S) provides essentially the same conventional attenuation as its double-sided counterpart (CAE D), with about 6-dB more attenuation below 2000 Hz and about 6-dB

less attenuation at 6300 Hz and 8000 Hz. The single-sided Combat Arms earplug provides relatively more attenuation than the Surefire EP3 (EP3 S) at all frequencies tested. The difference was highly variable with a minimum of 3.7 dB at 8000 Hz and a maximum of 14.9 dB at 4000 Hz. As shown in Figure 6, the passive level-dependent attenuation was highly similar for all three devices with differences less than 6 dB at all but 250 Hz, 4000 Hz and 8000 Hz, where differences of 9.6 dB, 7.8 dB and 7.4 dB were noted.

Recent field trials involving various types of hearing protection devices (Casali et al., 2009) and focus group discussions of experience with hearing protection during military operations (Abel, 2008) indicated that these devices may disrupt auditory performance enough to override their benefit for hearing conservation. In the present study the results for overall accuracy in horizontal plane sound source identification showed that percent correct decreased by 40% when the Combat Arms earplug was worn in its conventional mode of operation but only by 20% in its level-dependent mode, relative to unoccluded listening. These outcomes are similar to those observed previously in a study comparing muff and plug style electronic hearing protectors with conventional muffs and plugs (Abel et al., 2007). They suggest that sound reduction is a critical factor for sound source identification.

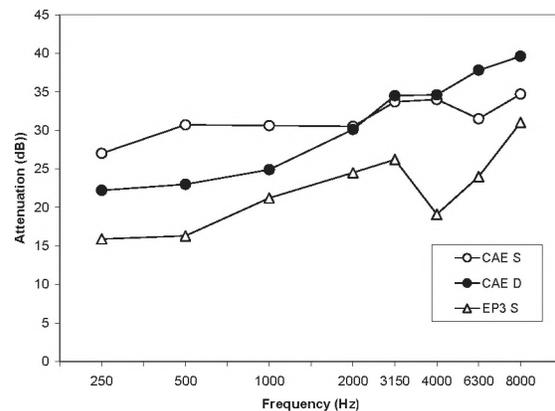


Figure 5. A comparison of sound reduction observed for three earplugs which provide both conventional and level-dependent passive attenuation: conventional attenuation.

Vause and Grantham (1999) debated the question of whether difficulties with sound location with hearing protection may instead be related to interference with spectral cues provided by the outer ears (pinnae). In line with previous studies of hearing protection, the present study showed that subjects had no difficulty distinguishing between speakers on the right and left sides of space. Front versus back discrimination which depends on spectral cues (Musicant and Butler, 1984) was more problematic, especially for azimuths located close to the interaural axis. For these azimuths, a frontal bias was evident for the unoccluded, as well as the protected conditions. The difference between the two types of mirror image reversal error, F/B and B/F, was significantly different only for the

unoccluded and CAE WF conditions. For these, percentage of F/B errors exceeded B/F errors by about the same amount, 26%. However, the likelihood of a F/B error was substantially higher with the CAE fitted, in either mode, at 49% for the CAE SS, 54% for the CAE WF and 25% for unoccluded listening. Thus, it appears that both attenuation and spectrum have roles to play with respect to the impact of wearing hearing protection.

The direction of errors in

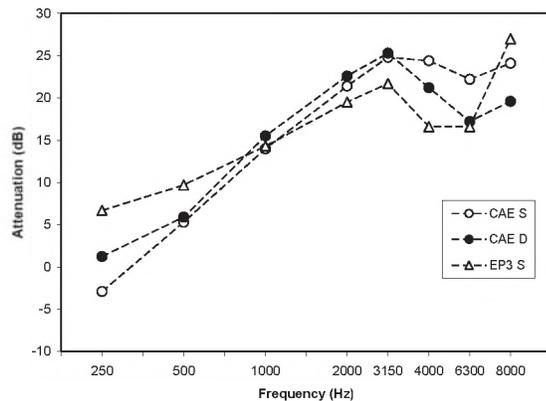


Figure 6. A comparison of sound reduction observed for three earplugs which provide both conventional and level-dependent passive attenuation: level-dependent attenuation.

sound localization when hearing protection is worn is not consistent across published studies. Russell and Noble (1976), for example, reported that the wearing of conventional plugs resulted in a rearward shift for a white noise stimulus, whereas the wearing of conventional muffs resulted in a forward shift in perceived location. More recently, Abel et al. (2007) found that for speakers close to the midline axis, a rearward bias, i.e., a difference of 20% or more in B/F mirror image reversal errors compared with F/B mirror image reversal errors, was evident for both a conventional muff and plug but there was little difference for a muff or plug with advanced communications capability. In contrast, for speakers close to the interaural axis, a forward bias where F/B errors exceeded B/F errors was observed only for a hearing protective earplug with enhanced communications capability. The error pattern demonstrated for the communications earplug was in the same direction as the pattern observed in the present study for the passive level-dependent plug. Taken together, these findings indicate that that (1) the greater the attenuation, the greater the difficulty overall for sound source identification, (2) with a conventional plug, averaged across azimuths, front and rearward accuracy are affected equally, and (3) a forward mirror image reversal error is evident for positions in the vicinity of the ear when either active plugs incorporating external microphones or passive level-dependent plugs incorporating a small aperture are worn. The nature of real-world task requirements will determine whether and the degree to which these will impact situational awareness and safety.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by Defence R&D Canada, Human Performance Partner Group, Act Thrust: Environmental Health Mitigations (14dc02), Internal Operating Grant. The authors are indebted to those individuals who gave their time to participate as subjects.

REFERENCES

- Abel SM. Hearing loss in military aviation and other trades: Investigation of prevalence and risk factors. *Aviat Space Environ Med* 2005; 76:1128-35.
- Abel SM. Barriers to hearing conservation programs in combat arms occupations. *Aviat Space Environ Med* 2008; 79:591-8.
- Abel SM, Alberti PW, Rokas D. (1988). Gender differences in real-world hearing protector attenuation. *J Otolaryngol* 1988; 17:86-92.
- Abel SM, Armstrong NM, Giguère C. Auditory perception with level-dependent hearing protectors. *Scand Audiol* 1993; 22:71-85.
- Abel SM, Boyne S., Roesler-Mulroney H. Sound localization with an army helmet worn in combination with an in-ear advanced communications system. *Noise & Health* 2009; 11(45): 199-205.
- Abel S, Lam Q. Sound attenuation of the Indoor/Outdoor Range E-A-R plug. *Mil Med* 2004; 169:7:551-5.
- Abel, S.M. and Nakashima, A. (2008). "An investigation of the attenuation provided by the Surefire EP3 Sonic Defender earplug." Technical Report, DRDC Toronto TR 2008-040, May 2008.
- Abel SM, Tsang S, Boyne S. Sound localization with communications headsets: comparison of passive and active systems. *Noise and Health* 2007; 9(37):101-7.
- American National Standards Institute. Methods for measuring the real-ear attenuation of hearing protectors, ANSI Standard S12.6-1997. American National Standards Institute: New York; 1997.
- American National Standards Institute. Maximum permissible ambient noise levels for audiometric test rooms, ANSI Standard S3.1-1999 (R2003). American National Standards Institute: New York; 1999.
- Berger EH. Hearing protection devices. In: Berger EH, Royster LH, Royster JD, Driscoll DP, Layne M, editors. *The noise manual*, 5th ed. American Industrial Hygiene Assoc: Fairfax, VA; 2000. pp. 379-454.
- Blauert, J. *Spatial hearing*. MIT Press: Cambridge; 1997.
- Brunt MA. Bekesy audiometry and loudness balance testing. In: Katz, J, editor. *Handbook of clinical audiology*. 3rd ed. Williams & Wilkins: Baltimore; 1985. pp.273-91.
- Casali JG, Ahroon, WA, Lancaster JA. A field investigation of hearing protection and hearing enhancement in one device: For soldiers whose ears and lives depend upon it. *Noise & Health* 2009; 11(42):69-90.
- Daniel WW. *Biostatistics: A foundation for analysis in the health sciences*. 3rd ed. Wiley: New York; 1983.
- Giguère C, Abel SM. A multi-purpose facility for research on hearing protection. *Appl. Acous* 1990; 31: 295-311.
- Giguère C, Abel SM (1993). Sound localization: Effects of reverberation time, speaker array, stimulus frequency and stimulus rise/decay. *J Acoust Soc Am* 1993; 94: Pt. 1, 769-76.

Green, D.M. An Introduction to Hearing. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum; 1976. p. 38.

Howell DC. Statistical methods for psychology. (5th. ed.) Belmont, CA: Duxberry Press; 2002.

Miller, R. G. Jr. Simultaneous statistical inference. New York: Springer-Verlag; 1991.

International Organization for Standardization. Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment, ISO 1999. International. Organization for Standardization: Geneva, Switzerland; 1990.

McKinley RL, Steuver JW, Nixon CW. Estimated reductions in noise-induced hearing loss by application of ANR headsets. In: Axelsson A, Borchgrevink H, Hamemik RP, Hellstrom P-A, Salvi RJ (eds). Scientific Basis of Noise-Induced Hearing Loss. Thieme: New York; 1996. pp. 347-360.

Musicant AD, Butler RA. The influence of pinnae-based spectral cues on sound localization. J Acoust Soc Am 1984; 75:1195-200.

Russell G, Noble WG. Localization response certainty in normal and in disrupted listening conditions: toward a new theory of localization. J Aud Res 1976; 16:143-50.

Sheen SC, Hsiao YH. On using multiple-jet nozzles to suppress industrial noise. J Occup Environ Hyg 2007; 4: 669-77.

Vause NL, Grantham DW. Effects of earplugs and protective headgear on auditory localization ability in the horizontal plane. Human Factors 1999; 41(20):282-94.

Wightman FL, Kistler DJ (1999). Resolution of front-back ambiguity in spatial hearing by listener and source movement. J Acoust Soc Am 1999; 105: 2841-53.

Yantis PA. Puretone air-conduction testing. In: Katz, J, editor. Handbook of clinical audiology. 3rd ed. Williams & Wilkins: Baltimore; 1985. pp.153-69.

Table I. Attenuation (dB) achieved with single-sided E-A-R® Combat Arms earplugs (CAE) in two modes of operation, steady-state noise (SS) and weapons fire (WF), compared with the manufacturer's specifications.

Freq (Hz)	Ear Condition				
	CAE SS		CAE WF		
	Spec	Obs	Spec	Obs	
250	30.6 (5.4)	27.0 (9.0)	4.9 (2.9)	-2.9 (6.2)	
500	34.5 (5.6)	30.7 (10.1)	10.1 (2.9)	5.3 (3.9)	
1000	31.4 (4.8)	30.6 (8.1)	17.0 (3.8)	14.0 (4.4)	
2000	30.8 (4.6)	30.5 (5.0)	22.9 (5.1)	21.4 (4.4)	
3150	37.3 (5.9)	33.7 (2.7)	29.9 (2.7)	24.8 (4.0)	
4000	36.3 (6.5)	34.0 (4.7)	27.4 (3.4)	24.4 (5.2)	
6300	34.1 (4.5)	31.5 (5.8)	24.4 (4.0)	22.2 (6.1)	
8000	36.3 (3.8)	34.7 (4.8)	24.4 (5.0)	24.1 (4.5)	

* N=20; Mean (SD)

Table II. Percentage of front-back reversal errors in sound source identification with the ears unoccluded and fitted with single-sided E-A-R® Combat Arms ear plugs (CAE) in two modes of operation, steady-state noise (SS) and weapons fire (WF).

Side	Position	Error Type	Error	Ear Condition		
				Unoccluded	CAE SS	CAE WF
R	Midline	B/F [†]	165/15	0.0 (0.0)*	25.7 (31.8)	8.7 (20.3)
		F/B	15/165	0.7 (3.0)	20.0 (32.7)	21.0 (35.5)
	Interaural	B/F	105/75	6.3 (16.4)	33.7 (32.0)	22.3 (31.7)
		F/B	75/105	23.0 (23.7)	45.3 (35.8)	50.0 (37.4)
L	Midline	B/F	195/345	0.0 (0.0)	24.7 (30.0)	10.7 (23.6)
		F/B	345/195	0.0 (0.0)	28.0 (39.9)	29.0 (35.8)
	Interaural	B/F	255/285	15.0 (20.3)	30.0 (34.7)	17.0 (27.1)
		F/B	285/255	26.3 (26.6)	53.0 (33.3)	58.0 (37.3)

*N=20; Mean (SD)

[†] B/F=back response given front stimulus

DÉVELOPPEMENT DU TEST DE MOTS DANS LE BRUIT : MESURE DE L'ÉQUIVALENCE DES LISTES ET DONNÉES PRÉLIMINAIRES SUR L'EFFET D'ÂGE

Josée Lagacé

Programme d'audiologie et d'orthophonie, École des sciences de la réadaptation
Pavillon Roger Guindon, Université d'Ottawa, 451, chemin Smyth, Ottawa, Ontario K1H 8M5
E-mail: Josee.Lagace@uottawa.ca

RÉSUMÉ

Bien que plusieurs audiologistes œuvrant dans les milieux francophones du Canada rapportent utiliser une épreuve de reconnaissance de mots dans le bruit pour évaluer les capacités d'écoute, aucun outil enregistré n'a été répertorié. Afin de répondre à ce besoin clinique, le but de la présente étude était de développer une épreuve de reconnaissance de mots dans le bruit pour enfants et adultes francophones de l'est du Canada. Le *Test de Mots dans le Bruit* (TMB) comprend quatre listes de 35 mots et un bruit de verbiage (*babble*). Le matériel vocal a été choisi pour être accessible aux individus dont le vocabulaire correspond à celui d'enfants de 5 ans ou plus. Les données préliminaires recueillies auprès de sept groupes d'enfants (6 à 12 ans) et d'un groupe d'adultes révèlent que les listes de mots du TMB sont équivalentes au plan des performances mesurées à un rapport signal-sur-bruit de +5 dB. Un effet d'âge est également noté. L'amélioration des capacités à percevoir les mots dans le bruit sera explorée plus en détails lors de l'établissement des données normatives.

ABSTRACT

Many audiologists working within Canadian French clinics use word recognition in noise tests to measure speech perception in noise ability. No such documented recorded test has been found, as it is generally presented with live voice. The goal of this study was to develop a word recognition in noise test for children and adults speaker of French in the Eastern side of Canada. The *Test de Mots dans le Bruit* (TMB) includes four lists of 35 words and a babble noise. The word material was especially selected to be used with individuals having a vocabulary of children of 5 years or older. Preliminary data were collected among seven groups of children from 6 to 12 years, and a grouped of adults. No significant difference was revealed between the four list sets of the TMB when comparing the performance measured at a signal-to-noise ratio of +5 dB. A developmental effect was noted. The improvement of speech perception in noise ability with age will be explored in a study on the development of normative data.

1. INTRODUCTION

En audiologie clinique, l'importance de mesurer la capacité à reconnaître la parole en présence de bruit n'est plus à débattre. Ce type d'épreuve permet de confirmer les difficultés de perception de la parole dans le bruit souvent rapportées par les personnes consultant en audiologie (Wilson & McArdle, 2005). De plus, les données recueillies fournissent des informations qui aident au choix des stratégies d'amplification appropriées (Taylor, 2003; Wilson & McArdle, 2005). Enfin, les résultats des tests d'écoute dans le bruit peuvent être utilisés pour expliquer les bénéfices et les limites des aides auditives (Wilson & McArdle, 2005) et des systèmes FM (Taylor, 2003). Bien qu'il existe plusieurs épreuves de perception de la parole dans le bruit pour la population anglophone,

i.e., *Quick SIN, SPIN, WIN etc.*, peu d'outils validés sont disponibles pour la population francophone (Gaul-Bouchard, Fitzpatrick, & Olds, 2009). La présente étude porte sur le développement d'une épreuve francophone préenregistrée de reconnaissance de monosyllabes dans le bruit pour enfants et adultes, soit le *Test de Mots dans le Bruit* (TMB). Plus spécifiquement, ce test a été développé pour répondre à la demande d'audiologistes qui œuvrent auprès de populations francophones de l'est du Canada pour faire partie d'une batterie de tests permettant l'évaluation du trouble de traitement auditif.

1.1. Épreuves de perception de la parole dans le bruit

Il est bien connu que la plupart des personnes atteintes

d'une perte auditive périphérique présentent des difficultés de reconnaissance de la parole en présence de bruit (McArdle, Wilson, & Burks, 2005). Par contre, ces difficultés sont aussi notées chez certaines personnes ayant une acuité auditive normale, comme par exemple les enfants qui présentent des difficultés d'apprentissage (Bradlow, Kraus, & Hayes, 2003; Breedin, Martin, & Jerger, 1989; Veuillet, Collet, & Bazin, 1999; Warrier, Johnson, Hayes, Nicol, & Kraus, 2004), un trouble de traitement auditif (Muchnik et al., 2004; Sanches & Carvallos, 2006) ou une dyslexie (Ahissar, Lubin, Putter-Katz, & Banai, 2006; Chandrasekaran, Hornickel, Skoe, Nicol, & Kraus, 2009). Selon Gaul Bouchard, Fitzpatrick et Olds (2009), les audiologistes qui travaillent auprès des populations francophones du Canada sont confrontés à une pénurie d'outils validés et adaptés à leur clientèle. Par exemple, peu d'outils tiennent compte des comportements linguistiques régionaux pour déterminer les réponses admissibles au test. Cette déviation à ce principe peut mener à une sous-estimation des capacités du client.

Quatre épreuves de perception de la parole dans le bruit ont été répertoriées dans le contexte franco-canadien, soit: le *Test de seuil vocal en images (TSVI)* dans le bruit (Lebel & Picard, 1995; 1997), l'adaptation franco-canadienne du test *Synthetic Sentence Identification with Ipsilateral Competing Message (SSI-ICM)* (Lynch & Normandin, 1983), l'adaptation franco-canadienne du *Hearing In Noise Test (HINT)* (version pour enfants: Laroche et al., 2006; version pour adultes: Vaillancourt et al., 2005) et une épreuve de reconnaissance de monosyllabes dans le bruit (inspirée de l'étude de Olsen, Noffsinger, & Kurdziel, 1975).

Le TSVI dans le bruit (Lebel & Picard, 1995) comprend des listes de mots bisyllabiques présentées dans un bruit de cafétéria. Une recherche de seuil par méthode ascendante-descendante est effectuée jusqu'à ce que l'enfant puisse identifier deux mots sur trois. Cette épreuve présente l'avantage de pouvoir être administrée en demandant à l'auditeur de pointer l'image, au lieu de répéter les mots, réduisant ainsi le biais possible relié aux compétences langagières. Par contre, à ce jour, aucune donnée normative n'a été publiée pour le TSVI.

Une adaptation francophone du test SSI-ICM (Speaks & Jerger, 1965) a été développée (Lynch & Normandin, 1983) et est accompagnée de données normatives pour les adultes et les enfants (Bérard, C. 1990-1993). Le test SSI-ICM (dans sa version originale ou son adaptation francophone) a été employé dans des études menées auprès de diverses populations présentant des difficultés de perception de la parole dans le bruit reliées soit à un trouble de traitement auditif (Jutras, Lagacé, Lavigne, Boissonneault, & Lavoie, 2007), la presbycusie (Gates, Feeney, & Mills, 2008) ou la démence (Gates, Anderson, Feeney, McCurry, & Larson, 2008) et a permis d'objectiver les difficultés de perception de la parole dans le bruit auprès de ces populations. Le SSI-ICM consiste à présenter des phrases en présence d'un discours continu

dirigé vers la même oreille. Les phrases ne respectent pas les critères standards de grammaire et de syntaxe et ne sont porteuses d'aucun message (Lucks Mendel & Danhauer, 1997), permettant ainsi d'évaluer la reconnaissance de mots sans l'influence possible du sens ou du contexte de la phrase. Lors de l'administration du SSI-ICM, une feuille sur laquelle sont inscrites les dix phrases du test est fournie. Chaque phrase est identifiée par un numéro et l'auditeur doit rapporter le numéro de la phrase entendue. Quoique que cette modalité de réponse permette de réduire l'influence possible de la mémoire et des compétences langagières (Krishnamurti, 2007), de bonnes compétences en lecture sont requises pour identifier la phrase entendue (Willeford & Burleigh, 1994).

Le test HINT a originalement été développé pour évaluer la perception de la parole dans le bruit dans le cas de perte d'acuité auditive (Nilsson, Soli & Sullivan, 1994). Depuis sa création, le HINT a été employé dans plusieurs études, entre autre pour documenter les bénéfices de l'amplification (Pumford, Seewald, Scollie, & Jenstad, 2000; Ricketts & Henry, 2002), de l'implant cochléaire (Dorman, Loizou, Spahr & Maloff, 2002; Eisenberg, Kirk, Martinez, Ying & Miyamoto, 2004; Nordrum, Erler, Garstecki, & Dhar, 2006) et des systèmes FM (Johnston, John, Kreisman, Hall, & Crandell, 2009). Le HINT a aussi été utilisé pour mesurer les compétences fonctionnelles de perception de la parole dans le bruit pour l'occupation de postes de travail exigeant des capacités auditives spécifiques (Laroche et al., 2003). La version franco-canadienne du test HINT pour adultes est composée de 12 listes de 20 phrases, alors que la version pour enfants comprend 17 listes de 10 phrases (Laroche et al., 2006). Ces listes sont équivalentes au plan du degré de difficulté et du contenu phonémique. Les listes sont utilisées pour déterminer le seuil de réception de la parole (SRP) dans différentes conditions d'écoute (silence, bruit provenant de l'avant, bruit provenant de la gauche et bruit provenant de la droite). Le bruit masquant est composé d'un spectre de parole (Vaillancourt et al., 2005). La notation est basée sur la répétition correcte de tous les mots de la phrase présentée. La version franco-canadienne du HINT est l'une des rares épreuves de perception de la parole dans le bruit qui existent dans cette langue et dont les différents paramètres psychométriques sont documentés (Laroche et al., 2006; Vaillancourt et al., 2005; Vaillancourt, Laroche, Giguère, & Soli, 2008). Quoique le HINT soit considéré un outil prometteur pour l'étude de la perception de la parole dans le bruit, son utilisation clinique présente encore certains défis, notamment au plan des coûts reliés à l'achat (environ 6000\$ - devises canadiennes).

La mesure de reconnaissance de monosyllabes dans le bruit fait partie des épreuves privilégiées des audiologistes en milieu clinique, pour mesurer la capacité à percevoir la parole en présence de bruit (McArdle et al., 2005). Cette épreuve est facile à administrer et n'exige pas d'équipement particulier. Elle est typiquement administrée en présentant les mots et un bruit masquant (bruit blanc ou

à spectre de la parole) à la même oreille. Les audiologistes, qui travaillent auprès des populations francophones du Canada, utilisent les listes de monosyllabes de Benfante (Benfante et al., 1966). Ces listes sont disponibles sur cédérom chez Génie Audio (Montréal, Québec). Cette approche comporte certaines limites, notamment au plan de certains mots des listes qui ne font plus partie du vocabulaire populaire actuel, ex., *bigle, toque, rance, dock*, etc. De plus, ces listes n'ont jamais été validées auprès d'enfants. D'autre part, aucune donnée normative n'est disponible pour ces listes lorsqu'elles sont présentées avec un bruit. En effet, la pratique courante pour interpréter les résultats obtenus découle de la conclusion de l'étude d'Olsen, Noffsinger et Kurdziel (1975). Les résultats sont considérés anormaux si la différence entre le pourcentage de reconnaissance moyen obtenu à la présentation d'une liste de 25 monosyllabes présentés sans bruit compétitif (généralement à 40 dB SL par rapport au SRP) et celui obtenu lorsqu'une autre liste a été administrée en présence d'un bruit masquant (généralement au rapport signal-sur-bruit de 0 dB) est supérieure à 40%. Cette même valeur normative est habituellement employée pour l'interprétation des résultats obtenus auprès des enfants (OOAQ, 2007). Or, cet écart maximal de 40% ne tient pas compte de l'effet de développement des capacités auditives et linguistiques des enfants (Elliott, 1979; Fallon, Trehub, & Schneider, 2000). En fait, les enfants expérimentent généralement plus de difficultés que les adultes à percevoir la parole en présence de bruit (Johnson, 2000; Picard & Bradley, 2001). Pour expliquer ce phénomène, on invoque les conditions inhérentes au développement, soit les compétences cognitivo-linguistiques limitées (Elliott et al., 1979; Nittrouer & Boothroyd, 1990) et l'immaturation du système auditif (Fallon et al., 2000; 2002). Néanmoins, la mesure de reconnaissance de monosyllabes dans le bruit présente certains avantages, notamment en minimisant le biais relié aux compétences langagières et de mémoire (McArdle et al., 2005). Par ailleurs, les coûts rattachés à l'utilisation d'un tel outil sont minimes.

Constatant l'écart entre la qualité du matériel employé pour évaluer la reconnaissance de mots dans le bruit et celle souhaitée par les standards psychométriques, la présente étude porte sur le développement d'une épreuve francophone de reconnaissance de monosyllabes dans le bruit pour enfants et adultes, soit le *Test de Mots dans le Bruit (TMB)*. Une approche similaire au développement d'épreuves vocales récemment créées a été adoptée (Laroche et al., 2006; Lebel & Picard, 1995; Wilson, 2003). L'utilisation des listes déjà existantes, ex., Benfante et al. (1966), Lescouflair et Phillion (1972), etc., n'a pas été considérée en raison des limites invoquées précédemment. Par exemple, le vocabulaire employé dans les outils francophones développés au Québec et publiés dans les années 1960 à 1970 n'est plus adapté à la réalité d'aujourd'hui (Gaul Bouchard et al., 2009).

Étant donnée l'influence possible des différences linguistiques culturelles (Gaul Bouchard et al., 2009) et la

diversité qui existe au sein de la population francophone du Canada (FCFA, 2004), il convient de préciser que les données normatives préliminaires présentés ont été effectuées auprès de la population francophone de la région de Moncton (Nouveau-Brunswick, Canada). Comme pour toute épreuve similaire, des données normatives sont nécessaires pour situer chaque individu par rapport au groupe de référence et dans ce cas-ci, il s'agit de la communauté francophone de la région de Moncton. Cependant, étant donné les précautions qui ont été prises pour la sélection des mots pour assurer qu'ils fassent partie du vocabulaire populaire actuel, de même que pour le développement de listes équivalentes au plan du degré de d'intelligibilité dans le bruit, rien n'empêchera de futures démarches visant l'élaboration de données normatives auprès d'autres populations francophones.

1.2. Test de Phrases dans le Bruit (TPB)

Les phrases du *Test de Phrases dans le Bruit* (TPB) (Lagacé, Jutras, Giguère, & Gagné, sous presse) ont été utilisées comme matériel de départ pour le TMB. Le TPB a été initialement créé à partir de 200 monosyllabes tirés de la base de données MANULEX (Lété, Sprenger-Charolles, & Colé, 2004). Cette base de données compte 1,9 millions de mots tirés de 54 manuels scolaires utilisés dans les écoles primaires de France, accompagnés de leur fréquence d'utilisation. La fréquence d'utilisation de chaque mot est fournie en fonction de l'année scolaire, de même qu'en moyenne pour les enfants de 6 à 11 ans. Aucune base de données similaire n'était disponible en français canadien. En sachant que la familiarité des mots choisis serait ultérieurement vérifiée, 200 monosyllabes ont été tirés du MANULEX (Lété et al., 2004) en fonction de leur valeur de fréquence d'utilisation estimée (la plus élevée possible). Cependant, quelques mots ont été retenus malgré leur faible valeur de fréquence indiquée dans le MANULEX parce que les auteurs estimaient que ces monosyllabes seraient bien connus des franco-canadiens. Par exemple, le mot «tuque» a été retenu pour faire partie de l'échantillon initial parce qu'il fait partie du vocabulaire courant d'une bonne part de la population francophone du Canada. L'utilisation de mots provenant de lexiques «français universel», soit le français connu par l'ensemble des communautés francophones (incluant le français européen et autre), n'a pas été considérée pour la sélection initiale des mots parce que les informations retrouvées dans la littérature accordaient beaucoup plus d'importance au critère de familiarité, qu'au critère d'universalité (Owens, 1961; Epstein, Giolas, & Owens, 1968). Il est possible que certains mots aient pu répondre aux deux critères, mais cela n'a pas été vérifié.

Dans le TPB, les monosyllabes retenus apparaissent en position finale de 200 phrases hautement prévisibles et 200 phrases faiblement prévisibles (Lagacé et al., sous presse). L'enregistrement numérique des phrases a été effectué par une locutrice, qui s'exprime en français canadien et qui avait déjà collaboré à d'autres enregistrements d'épreuves vocales. Tout comme il a été

important de tenir compte de la familiarité des mots lors de l'élaboration du corpus initial, il fallait tenir compte de la familiarité des voix pour l'enregistrement (Pisoni, 1996). Ainsi, une voix féminine a été privilégiée puisque les voix de femmes sont plus fréquemment présentes dans l'entourage immédiat des enfants, soit dans les écoles et les centres de garde (Fallon et al., 2000). Les phrases ont été enregistrées dans un studio d'enregistrement de l'Université de Montréal, à l'aide d'une caméra vidéo numérique (Canon, GL2) et un microphone (Audiotechnica, Pro 70). Des instructions quant à l'articulation des phrases ont été fournies à la locutrice, soit de parler le plus clairement et naturellement possible. Un fichier individuel a été créé pour chaque phrase à l'aide du logiciel iMovie (version 4) (iMovie, 2004), alors que le logiciel Cool Edit Pro (version 2.1) (Cool Edit Pro software, 2003) a servi à uniformiser le niveau sonore du mot final (mots clés) de chaque phrase. Ainsi, le niveau moyen des mots a été ajusté à ± 2 dB de la moyenne quadratique des mots clés des 400 phrases (69.3 dB SPL).

Puisque la fréquence d'utilisation des mots français est différente pour les francophones canadiens et européens (Gaul Bouchard et al., 2009), une vérification de la familiarité des mots auprès d'auditeurs francophones du Canada s'avérait nécessaire. À partir des phrases du TPB, un repiquage des 200 monosyllabes a été effectué. Pour éviter l'effet de fatigue, les monosyllabes ont été distribués au hasard en cinq listes de 40 mots sur substrat numérique. Pour annoncer l'arrivée du mot, un signal sonore a été inséré avant chaque monosyllabe. Tous les mots ont été étalonnés pour assurer un niveau sonore équivalent sur l'ensemble des listes. Les cinq listes de mots ont été présentées à 40 enfants âgés entre 5 et 7 ans (moyenne: 6 ans et 5 mois), recrutés auprès de deux écoles primaires, dont une en banlieue d'Ottawa et l'autre en banlieue de Montréal. Le choix d'enfants aussi jeune que 5 ans visait à assurer que le matériel soit adéquat pour évaluer les performances d'enfants de 6 ans et plus en clinique. Ce choix de faire le recrutement auprès de deux communautés francophones canadiennes était pour faire en sorte que les mots sélectionnés, pour le corpus initial, soient le plus représentatif possible de l'ensemble de la population francophone au pays, comparativement aux résultats qui auraient été obtenus auprès d'une seule communauté. Les listes étaient présentées sous écouteurs en écoute monaurale (deux listes à chaque oreille) à un niveau conversationnel normal (60 dB HL), suivant un dépistage audiométrique à 20 dB HL à 500, 1000, 2000 et 4000 Hz. La condition d'écoute monaurale a été choisie pour effectuer la mesure de familiarité étant donné qu'il était prévu que le TMB soit administré dans cette condition. Bien que cette modalité ne permette pas de vérifier l'intégration binaurale de l'information, la condition monaurale donne la possibilité de mesurer les performances spécifiques à chaque oreille. L'ordre de présentation des listes et de l'oreille testée en premier était différent pour chaque participant. Les enfants devaient répéter chaque mot entendu, ou deviner lorsqu'ils

n'étaient pas certains. Les résultats ont révélé que 80.5% des mots (161 sur 200) ont été reconnus par 80% des enfants. Alors que 95% des mots ont été reconnus par 60% des enfants. Pour s'assurer que la majorité des mots du corpus soient familiers auprès des enfants de 5 à 7 ans, seuls les mots ayant été reconnus par la plupart des enfants, soit 80%, ont été retenus. Une analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées à deux facteurs a été effectuée, soit pour le facteur Listes (5 niveaux) et le facteur Oreilles (2 niveaux). Le facteur Oreille a été inclus dans cette ANOVA pour vérifier si le concept de dominance de l'oreille droite (Kimura, 1961) s'appliquait à cette épreuve, alors que le facteur Liste a été analysé pour amorcer le développement de listes équivalentes. Le facteur Liste était significatif [$F(4, 152) = 86.77, p < .0001$], alors que le facteur Oreille [$F(1, 38) = 1.75, p > .05$] ne l'était pas. Ces résultats suggéraient qu'une redistribution des mots devait être effectuée pour uniformiser les listes et les analyses n'ont pas été poussées plus loin.

1.3. Test de Mots dans le Bruit (TMB)

Le corpus initial du *Test de Mots dans le Bruit (TMB)* a été monté à partir des 161 mots clefs du TPB ayant obtenu un pourcentage de reconnaissance de 80% ou plus, au test de familiarité. Ces mots ont été répartis en quatre listes de 40 monosyllabes. Chaque liste contient un nombre équivalent de mots qui ont obtenu le même score au test de familiarité. Ces listes ont ensuite été soumises à une mesure d'intelligibilité dans le bruit, décrite dans la prochaine section. Suite à cette mesure, 20 mots ont été éliminés du corpus initial. Ainsi, le corpus final du TMB tel qu'il apparaît au Tableau 1, comprend quatre listes de 35 mots. Le pourcentage moyen de bonnes réponses obtenu à la vérification de la familiarité des mots apparaît dans la colonne intitulée *Étape 1* du Tableau 1.

2. MESURES PRÉLIMINAIRES DU TMB

La vérification du degré d'intelligibilité des mots et l'évaluation de l'effet d'âge (prochaine section) ont été réalisées au service d'audiologie de l'Hôpital Régional Dr-Georges-L-Dumont, à Moncton (NB). Tel que précisé, le TMB a été développé pour répondre à un besoin identifié par les audiologistes de cette communauté. Le projet a préalablement été approuvé par le comité d'éthique à la recherche de l'Hôpital où ces mesures ont été effectuées. Le recrutement des enfants a été fait par le biais d'annonces envoyées aux employés de l'hôpital où s'est déroulée l'expérimentation alors que les adultes provenaient de l'entourage des collaboratrices à ce projet.

2.1. La vérification du degré d'intelligibilité des mots

Pour la vérification du degré d'intelligibilité des mots dans le bruit, des adultes ont été sollicités car leur capacité d'attention, plus grande que celles des enfants, permettait

de vérifier les quatre listes de 40 mots dans une seule session. Par ailleurs, selon Picard et Bradley (2001), la forme de la fonction articulatoire mettant en relation le pourcentage d'intelligibilité et le rapport signal-sur-bruit (S/B) est semblable chez les enfants de 6 ans et plus et les adultes, avec une pente d'environ 10% /dB. Cette fonction serait décalée en fonction de l'âge.

Participants

Tel qu'effectué dans des travaux similaires portant sur la vérification du degré de difficulté des listes de mots ou de phrases lorsque présentées dans le bruit (Bo Nielsen & Dau, 2009; Laroche et al., 2006; van Wieringen & Wouters, 2008), dix adultes (huit femmes et deux hommes) âgés entre 30 et 40 ans (moyenne= 36.2 ans, écart-type= 3.16 ans) ont été recrutés pour cette deuxième étape du développement du TMB. Le français devait être la langue maternelle et celle d'usage quotidien, et le participant ne devait présenter aucun antécédent otologique, aucun trouble de développement du langage, d'apprentissage ou de développement général, ni de trouble cognitif, neurologique ou d'attention. Un exemplaire du questionnaire-maison employé pour documenter les informations au sujet de ces critères d'exclusion apparaît en Annexe. L'acuité auditive devait être normale, soit un seuil de détection égal ou inférieur à 15 dB HL pour les fréquences 250, 500, 1000, 2000, 4000 et 8000 Hz, bilatéralement. De même, les émissions otoacoustiques par produit de distorsion devaient se situer à l'intérieur des limites normales bilatéralement, pour assurer l'intégrité de la fonction cochléaire.

Procédures

Les mesures expérimentales ont eues lieu dans une cabine audiométrique du service d'audiologie de l'Hôpital Régional Dr-Georges-L-Dumont. Les quatre listes de 40 mots préalablement enregistrées sur cédérom et un bruit de verbiage (*babble*) ont été utilisées. Le bruit de verbiage francophone produit par Perrin & Grimault (2005), a été choisi en raison de ses caractéristiques similaires aux bruits de fond de la vie courante, comme dans les cafétérias, les restaurants, etc. Ce bruit de verbiage est préenregistré en boucle sur cédérom et est composé de quatre voix de femmes et de quatre voix d'homme. Suivant les travaux de Findlay (1976), il a été déterminé que l'utilisation de bruit de verbiage pour la mesure de la perception de la parole dans le bruit permet une séparation plus nette entre les performances obtenues auprès des personnes présentant une fonction auditive normale et celles présentant un problème auditif, comparativement à l'utilisation de bruit à spectre vocal. Par ailleurs, les travaux de Sperry, Wiley & Chial (1997) ont montré que l'effet masquant d'un bruit de verbiage incluant les mêmes caractéristiques acoustiques et linguistiques que celles des stimuli (mots, phrases, etc.) est

plus grand que celui de bruits de verbiage qui présentent des caractéristiques acoustiques ou linguistiques différentes. Ainsi, les auteurs suggèrent l'utilisation de bruit de verbiage enregistré avec des locuteurs qui parlent la même langue que celle des stimuli, pour augmenter la sensibilité de l'épreuve.

Lors des mesures expérimentales, la tâche consistait à répéter chaque mot, en devinant au besoin. Conformément aux procédures généralement utilisées en clinique pour ce type d'épreuve (DeBow & Green, 2000), aucune étape de familiarisation n'a été effectuée. Chaque mot était présenté qu'une seule fois (aucune répétition permise) à un rapport S/B de +5 dB. D'après des données pilotes obtenues auprès de cinq participants ne faisant pas partie de l'étude, il a été déterminé que ce rapport S/B permettait d'éviter l'effet plancher et plafond. Les deux premières listes ont été entendues à l'oreille droite pour la moitié des participants et à l'oreille gauche, pour l'autre moitié. L'ordre de présentation des listes a été contrebalancé entre les participants, en suivant autant que possible principe du carré latin.

Résultats

Le pourcentage moyen de bonnes réponses a été comptabilisé pour chaque liste. Un écart de 7% a été noté entre celle qui présentait le pourcentage le plus élevé (i.e., 61.25%, écart-type =11.56%) et celle qui présentait le pourcentage le plus faible (i.e., 54.25%, écart-type= 12.25%). Considérant cet écart, une redistribution des mots allait être nécessaire pour obtenir des listes équivalentes au pan de l'intelligibilité dans le bruit. Aucune autre analyse n'a été effectuée.

Dix-sept mots ont été éliminés du corpus initial parce qu'ils n'ont été reconnus par aucun participant. Il est possible que ces performances soient liées à l'effet combiné de la présence de bruit et des manipulations acoustiques des stimuli. En effet, bien qu'elle n'ait pas été mesurée, une distorsion acoustique a pu être introduite lors de l'extraction des mots de l'enregistrement des phrases. Il est possible que cette distorsion n'ait occasionné aucun effet à la mesure de familiarité étant donné l'absence du bruit masquant. Afin d'établir des listes présentant un nombre égal d'items, soit de 35 mots par liste, trois autres monosyllabes ont été retirés du corpus sur la base d'un faible score combiné aux mesures de familiarité et d'intelligibilité dans le bruit. Les 120 mots restants ont ensuite été répartis uniformément entre les listes selon leur score obtenu à la mesure de familiarité et la mesure d'intelligibilité. Les résultats d'une mesure d'équivalence des listes seront présentés dans la section suivante. Le pourcentage de reconnaissance moyen pour chaque mot, obtenu à la mesure de l'intelligibilité dans le bruit, apparaît au Tableau 1 dans la colonne intitulée *Étape 2*.

2.2. Évaluation préliminaire de l'effet d'âge et mesure de l'équivalence des listes

Plusieurs études ont montré un effet d'âge sur les performances de reconnaissance de la parole dans le bruit (Fallon et al., 2002; 2002; Vaillancourt et al., 2008). Des résultats semblables étaient attendus avec le TMB. Le but de cette étude était d'effectuer des mesures préliminaires de l'effet d'âge avec le TMB afin de déterminer, entre autre, si une cueillette de données normatives serait nécessaire pour chaque groupe d'âge chez les enfants d'âge scolaire. Par ailleurs, les données recueillies allaient aussi être utilisées pour vérifier l'équivalence des listes.

Participants

Au total, 70 enfants et 10 adultes satisfaisant aux critères de sélection énumérés à la section précédente ont participé à cette étude. Une description plus détaillée des groupes d'enfants apparaît au Tableau 2. Le groupe d'adultes était composé de sept femmes et de cinq hommes âgés entre 21 et 45 ans (moyenne = 33 ans; écart-type = 7 ans).

Procédures

Suivant le dépistage audiométrique, incluant l'otoscopie, la mesure des seuils auditifs et des émissions otoacoustiques, les quatre listes de 35 mots du TMB ont été présentées à un rapport S/B de +5 dB avec le même bruit de verbiage, que celui employé à l'étape précédente, en écoute monaurale. Deux listes ont été présentées à chaque oreille, en commençant par l'oreille droite pour cinq participants de chaque groupe et par l'oreille gauche, pour les cinq autres participants. Comme pour l'étape précédente, la tâche consistait à répéter chaque mot entendu, en devinant au besoin. La répétition de mots n'était pas permise et aucune étape de familiarisation n'a été effectuée. Afin de contrebalancer l'effet de fatigue et d'apprentissage, l'ordre de présentation des listes a été contrebalancé entre les participants, selon le principe du carré latin.

Groupe d'âge	Sexe	Âge minimal (ans, mois)	Âge moyen (ans, mois)	Écart-type (mois)
6 ans	5 filles 5 garçons	6,2	6,6	4
7 ans	5 filles 5 garçons	7,1	7,7	4
8 ans	5 filles 5 garçons	8	8,7	4
9 ans	6 filles 4 garçons	9,1	9,7	4
10 ans	2 filles 8 garçons	10,1	12,7	3
11 ans	4 filles 6 garçons	11,1	11,4	3
12 ans	6 filles 4 garçons	12	12,6	5

Tableau 2. Description des groupes d'enfants

Résultats

Pour évaluer l'effet de développement sur les performances au TMB, le pourcentage moyen de reconnaissance de mots a été compilé pour l'ensemble des listes et ce, pour les huit groupes à l'étude. Les résultats sont présentés à la Figure 1. La performance moyenne de reconnaissance du mot mesuré au TMB auprès des enfants de 6 ans (moyenne = 58.86%; écart-type = 8.65%) diffère de celle des adultes (moyenne = 79.88%; écart-type = 6.9%). Un écart de 21% est noté entre ces deux groupes extrêmes, suggérant un effet de développement. Une ANOVA sur mesures répétées à deux facteurs, dont le facteur Âge (8 niveaux) et le facteur Liste (4 niveaux), été effectuée pour évaluer cette tendance, de même que l'équivalence des listes. Les résultats de l'analyse ont confirmé un effet d'âge significatif ($F_{(7,74)}=10.50, p = .000$). L'effet du facteur Liste n'était pas significatif ($F_{(3, 222)}=2.23, p = .086$), ni l'interaction entre les deux facteurs ($F_{(21, 222)}=0.71, p = .82$), indiquant l'équivalence des listes. Le pourcentage de reconnaissance moyen obtenu à chaque liste apparaît au Tableau 3.

Des comparaisons multiples post-hoc (test *t*) ont été effectuées pour vérifier les différences des performances entre les groupes. Les résultats de ces analyses apparaissent au Tableau 4, les différences statistiquement significatives sont représentées par un «X». Il est à noter que des comparaisons plus libérales ont été effectuées à cette étape, en n'effectuant pas les ajustements de Bonferonni. D'après les analyses, il n'y a pas de différence significative entre les enfants de 7, 8, 9 et 10 ans. Alors que les performances mesurées auprès des enfants de 6 ans sont significativement différentes de celles de tous les autres groupes d'âge, incluant les adultes. Par ailleurs, les performances des enfants de 12 ans sont différentes de celles des adultes et de tous les autres groupes d'enfants.

Figure 1. Pourcentage moyen de mots reconnus pour l'ensemble des quatre listes présentées en fonction du groupe d'âge.

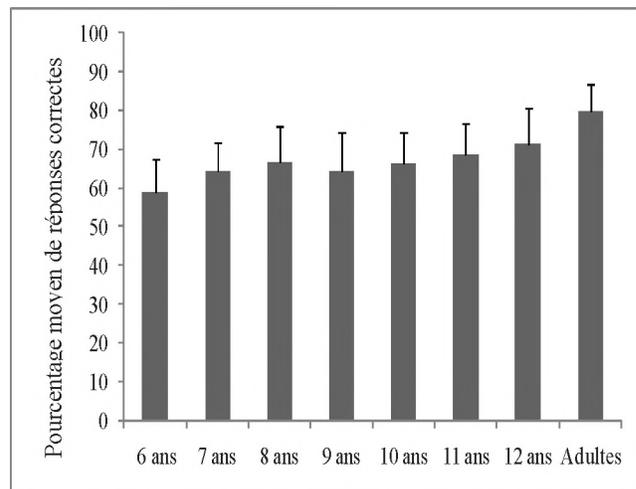


Tableau 3. Pourcentage moyen obtenu à chaque liste et écart-type (entre parenthèses).

Groupe	Liste 1	Liste 2	Liste 3	Liste 4
Adultes	83.33 (6.19)	77.86 (7.01)	81.19 (6.50)	77.14 (6.78)
Enfants	66.86 (8.37)	66.45 (10.18)	64.49 (9.94)	65.06 (9.13)
Moyenne globale	69.27 (9.96)	68.12 (10.55)	66.93 (11.19)	66.83 (9.78)

Les résultats obtenus dans le cadre de cette cueillette de données ont aussi été utilisés pour vérifier l'effet d'ordre. Le pourcentage de reconnaissance moyen a été calculé pour chaque liste en fonction de l'ordre de présentation (en ne tenant pas compte de quelle liste avait été présentée). Les résultats apparaissent au Tableau 5. En comparant le pourcentage moyen de reconnaissance de l'ensemble des participants obtenu à la première liste présentée (66.55%, écart-type 9.92%) et la dernière (69.30%, écart-type 11.17%), une différence de 2.75% est notée (équivalent d'un mot). Un écart similaire, i.e., 2.29%, est observé lorsque les analyses sont effectuées en ne considérant que les résultats obtenus auprès des enfants (les sept groupe d'âge), alors que la différence de performance entre la première et la dernière liste est légèrement plus grande, i.e., 5.43%, auprès du groupe d'adultes. L'effet d'ordre a été vérifié à l'aide d'une analyse de variance, soit en comparant les moyennes obtenues entre la première liste présentée et la deuxième, la troisième ou la quatrième, etc. Les résultats ne révèlent aucun effet d'ordre, que ce soit en considérant les performances mesurées auprès de l'ensemble des participants, ($F_{(3,279)}=0.88, p=.45$), ou celles mesurées auprès des enfants seulement ($F_{(3,227)}=1.24, p=.295$), ou des adultes seulement ($F_{(3,44)}=2.18, p=.104$).

Tableau 4. Résultats des comparaisons post-hoc entre les différents groupes. Le symbole «X» indique que la différence du pourcentage de reconnaissance moyen est statistiquement significative.

Groupes	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans	Adultes Tes
6 ans	-	X $p=.010$	X $p=.001$	X $p=.037$	X $p=.000$	X $p=.000$	X $p=.000$	X $p=.000$
7 ans	X $p=.010$	-	X $p=.152$	X $p=1.000$	X $p=.214$	X $p=.034$	X $p=.001$	X $p=.000$
8 ans	X $p=.001$	X $p=.152$	-	X $p=.266$	X $p=.876$	X $p=.323$	X $p=.049$	X $p=.000$
9 ans	X $p=.037$	X $p=1.000$	X $p=.266$	-	X $p=.286$	X $p=.057$	X $p=.000$	X $p=.000$
10 ans	X $p=.000$	X $p=.214$	X $p=.876$	X $p=.286$	-	X $p=.249$	X $p=.028$	X $p=.000$
11 ans	X $p=.000$	X $p=.034$	X $p=.323$	X $p=.057$	X $p=.249$	-	X $p=.139$	X $p=.000$
12 ans	X $p=.000$	X $p=.001$	X $p=.049$	X $p=.000$	X $p=.028$	X $p=.139$	-	X $p=.000$
Adultes	X $p=.000$	X $p=.000$	X $p=.000$	X $p=.000$	X $p=.000$	X $p=.000$	X $p=.000$	-

Tableau 5. Pourcentage moyen obtenu à chaque liste selon l'ordre de présentation.

Groupe	1 ^{ère} liste présentée	2 ^{ème} liste présentée	3 ^{ème} liste présentée	4 ^{ème} liste présentée
Adultes	78.33 (6.72)	80.00 (7.21)	77.38 (6.94)	83.81 (5.63)
Enfants	64.53 (8.94)	66.37 (9.42)	65.14 (9.44)	66.82 (9.93)
Moyenne globale	66.55 (9.92)	68.36 (10.30)	66.93 (10.07)	69.30 (11.17)

3. DISCUSSION

Le TMB est composé de quatre listes de 35 monosyllabes, similaires au plan du degré de la familiarité des mots et de leur intelligibilité dans le bruit. Ce matériel vocal pourra être utilisé avec les enfants dont le vocabulaire est jugé équivalent ou supérieur à celui des enfants de cinq ans. L'épreuve peut être administrée sans étape de familiarisation, puisqu'aucune amélioration statistiquement significative n'a été notée au plan des performances entre la première et la quatrième liste présentée. Cette procédure s'apparente à celle effectuée en milieu clinique, c'est-à-dire que généralement, aucune étape de familiarisation ne précède les mesures de reconnaissance de mots (De Bow & Green, 2000).

Les résultats de cette étude préliminaire ont montré un effet d'âge, soulignant ainsi l'importance de développer des données normatives spécifiques à chaque groupe d'âge. En fait, les résultats du groupe des enfants de 6 ans étaient significativement différents de celui de tous les autres groupes à l'étude. Par ailleurs, la différence de performances par rapport au groupe d'adultes semble persister au-delà de 12 ans. En fait, un écart significatif a été noté entre résultats obtenus auprès des enfants de 12 ans et les adultes. Cette information suggère qu'il serait pertinent d'inclure des groupes d'enfants plus âgés, soit 13, 14 et 15 ans pour explorer l'effet d'âge au plan de la perception de monosyllabes dans le bruit. Les résultats de Nilsson, Soli, & Gelenett (1996) ont montré un effet de développement pour toutes les conditions du test HINT jusqu'à l'âge de 12 ans inclusivement. Après quoi, les résultats obtenus auprès des enfants âgés de plus de 12 ans étaient similaires à ceux des adultes.

Aucune différence significative n'a été observée dans les performances mesurées auprès des groupes d'enfants de 7-8-9-10-11 ans. Il est possible que l'absence de différence entre ces groupes soit reliée à la taille de l'échantillon. En fait, en considérant qu'en clinique, un score moyen dépassant les données normatives à plus de 2 écarts-types est considéré anormal, il est souhaitable que l'écart entre les moyennes obtenues aux différentes listes du TPB soit inférieur à cet écart. Ainsi, en prenant l'approche proposée par Cohen (1988) pour estimer la taille de l'échantillon nécessaire, pour une valeur de puissance statistique de $P=90\%$ et un niveau significatif $\alpha=.05$, la taille d'échantillon prescrite pour

vérifier la présence d'écart standardisé de 1, 0.8 ou 0.6 (pour un test bilatéral) serait de 23, 34 ou 60 participants respectivement. Cet aspect méthodologique devra donc être revu lors de la cueillette de données normatives.

La différence de 21% entre les performances obtenues auprès des enfants de 6 ans et celles mesurées auprès des adultes s'apparente à celle obtenue avec la version franco-canadienne du HINT pour enfants (Vaillancourt et al., 2008). En fait, un facteur de correction de 2.3 dB entre les enfants de 6 ans et les adultes a été rapporté dans cette étude. En utilisant la règle du 1 dB = 10% proposée par Picard et Bradley (2001), la différence de 21% entre les enfants de 6 ans et les adultes au TMB concorde bien avec les résultats obtenus avec le HINT franco-canadien pour enfants.

Bien que les limites des épreuves de reconnaissance de mot dans le bruit soient déjà connues, elles sont régulièrement administrées en raison de leurs avantages, notamment au plan de la facilité d'administration et les faibles coûts rattachés. Par ailleurs, d'après les résultats de McArdle et al. (2005), la mesure de reconnaissance de mots dans un bruit de verbiage permettrait d'identifier les difficultés de perception de la parole dans le bruit. Ces auteurs ont comparé les performances d'un groupe d'auditeurs présentant une acuité auditive normale à celui présentant une perte auditive pour une tâche de reconnaissance de mots, de chiffres et de phrases. Une différence de 8 dB a été notée entre les deux groupes de participants au plan des niveaux sonores auxquels une performance de 50% était observée et ce, pour les trois types de stimuli. D'après les auteurs, ces résultats suggèrent que la mesure de reconnaissance de mots dans le bruit, autant que la mesure de reconnaissance de phrases, s'avère une bonne méthode pour identifier les difficultés de perception de la parole dans le bruit.

Puisque l'utilisation de mots permet d'identifier les difficultés de perception de la parole dans le bruit autant que les phrases, on pourrait s'interroger sur la pertinence du TMB alors que le test HINT est déjà disponible. Selon l'auteure, il est possible qu'en raison de leurs caractéristiques spécifiques au plan des stimuli employés, du type de bruit masquant (bruit à spectre de la parole versus un bruit de verbiage), des conditions (présentation monaurale versus bilatérale) et de la tâche d'écoute, le test HINT et le TMB évaluent différents mécanismes auditifs et cognitivo-linguistiques contribuant à la perception de la parole dans le bruit. Au plan fonctionnel, le test HINT évalue la capacité de perception de la parole avec des stimuli similaires à ceux employés dans les situations de communication de la vie courante, soit des phrases. Or, la répétition de phrases fait appel à des capacités cognitivo-linguistiques (ex., mémoire de travail, utilisation du contexte linguistique, etc.) plus complexes que celles requises pour une tâche de reconnaissance de mots (Wilson & McArdle, 2005). Si des performances se situent à l'extérieur des données normatives pour l'âge au HINT, mais qu'elles sont à l'intérieur des limites normales au

TMB, il est possible qu'une dysfonction de nature langagière ou cognitive soit à l'origine des difficultés de perception de la parole dans le bruit. C'est en collaboration avec d'autres professionnels qui pourront vérifier la présence d'incapacités de nature cognitives et linguistiques, que l'audiologiste pourra dresser un portrait plus précis de l'incapacité sous-jacente aux difficultés d'écoute. Tel que recommandé par le comité ad hoc de l'OOAQ (2007), l'audiologiste doit évaluer la plus grande gamme possible des capacités auditives en utilisant des tests reconnus. Or, le nombre restreint de tests disponibles en français limite présentement cette pratique.

Étant donné le peu d'uniformité du matériel employé dans les cliniques francophones du Canada, le TMB pourra offrir une option intéressante à ceux et celles qui désirent utiliser ce type d'épreuve. Cependant, d'autres mesures devront être effectuées avant son application clinique, notamment au plan du développement des données normatives et de sa validation auprès de la clientèle cible.

REMERCIEMENTS

L'auteure tient à remercier les audiologistes du service d'audiologie de l'Hôpital Régional Dr-Georges-L-Dumont de Moncton et particulièrement, Mme Ludia LeBlanc, pour leur enthousiasme et dévouement à ce projet. Par ailleurs, des remerciements sont adressés aux enfants et parents de la région de Moncton qui ont bien voulu participer au projet.

Enfin, des remerciements sont adressés à Mme Véronique Vaillancourt ainsi qu'au réviseur anonyme pour leurs commentaires judicieux lors de la révision du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- Ahissar, M., Lubin, Y., Putter-Katz, H., Banai, K. (2006). Dyslexia and the failure to form a perceptual anchor. *Nature Neuroscience*, 9, 1558-1564.
- Benfante, H., Charbonneau, R., Arseneault, A., Zinger, A., Marti, A., & Champoux, N. (1966). *Audiométrie vocale*. Montréal : Hôpital Maisonneuve.
- Bérard, C. (1990-1993). Normes du SSI-ICM. Montréal, Québec, Canada: Hôpital Rivières-des-Prairies.
- Bo Nielson, J. & Dau, T. (2009). Development of a Danish Speech intelligibility test. *International Journal of Audiology*, 48, 729-741.
- Bradlow, A.R., Kraus, N., & Hayes, E. (2003). Speaking Clearly for Children With Learning Disabilities. Sentence Perception in Noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 80-97.
- Bredin, S.D., Martin, R.C., & Jerger, S. (1989). Distinguishing Auditory and Speech-Specific Perceptual Deficits. *Ear and Hearing*, 10, 311-317.

- Chandrasekaran, B., Hornickel, J. M., Skoe, E., Nicol, T., & Kraus, N. (2009). Context-dependent encoding in the human auditory brainstem relates to hearing speech in noise: Implications for developmental dyslexia. *Neuron*, 311-319.
- Cool Edit Pro software. 2003. Best Audio Editing Software (Version 2.1) [Computer software]. Scottsdale, AZ: Synthrillium.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Second edition. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- DeBow, A., & Green, W.B. (2000). A Survey of Canadian Audiological Practices: Pure Tone and Speech Audiometry. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 24, 153-161.
- Dorman, M.F., Loizou, P.C., Spahr, A.J., & Maloff, A.J. (2002). A comparison of the speech understanding provided by acoustic models of fixed-channel and channel-picking signal processors for cochlear implants. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 45, 783-787.
- Eisenberg, L.S., Kirk, K.I., Martinez, A.S., Ying, E., & Miyamoto, R.T. (2004). Communication abilities of children with aided residual hearing: Comparison with cochlear implant users. *Archives of Otolaryngology – Head & Neck Surgery*, 130, 563-569.
- Elliott, L.L. (1979). Performance of children aged 9 to 17 years on a TMB of speech intelligibility in noise using sentence material with controlled word predictability. *Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 651-653.
- Elliott, L.L., Connors, S., Kille, E., Levin, S., Ball, K., & Katz, D. (1979). Children's understanding of monosyllabic nouns in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 12-21.
- Epstein, A., Giolas, T.G. & Owens, E. (1968) Familiarity and intelligibility of monosyllabic word lists, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 11, 435-438.
- Fallon, M., Trehub, S.E. & Schneider, B.A. (2000). Children's perception of speech in multitalker babble. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 3023-3029.
- Fallon, M., Trehub, S. E., & Schneider, B. A. (2002). Children's use of semantic cues in degraded listening environments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 111, 2242-2249.
- Fédération des communautés francophones et acadiennes (FCFA) du Canada. (2004). *Profil des Communautés francophones et acadiennes du Canada (2^{ème} édition)*. ISBN 2-922742-21-0 Ottawa: Corporate Printers.
- Findlay, R.C. (1976). Auditory dysfunction accompanying noise-induced hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 41, 374-380.
- Gates, G.A., Anderson, M.L., Feeney, M.P., McCurry, S.M., & Larson, E.B. (2008). Central auditory dysfunction in older persons with memory impairment or Alzheimer dementia. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 134, 771-777.
- Gates, G.A., Feeney, M.P., & Mills, D. (2008). Cross-sectional age changes of hearing in the elderly. *Ear & Hearing*, 29, 865-874.
- Gaul Bouchard, M.-E., Fitzpatrick, E., & Olds, J. (2009). Analyse psychométrique d'outils d'évaluation utilisés auprès d'enfants francophones. *Revue canadienne d'orthophonie et d'audiologie*, 33, 129-139.
- iMovie. 2004. Video Editing Software (version 4) [Computer software]. Cupertino, CA: Apple Inc.
- Johnson, C. (2000). Children's phoneme identification in reverberation et noise. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 43, 144-156.
- Johnston, K., John, A. B., Kreisman, N. V., Hall, J. W., & Crandell, C. C. (2009). Multiple benefits of personal FM system use by children with auditory processing disorder (APD), *International Journal of Audiology*, 48, 371-383.
- Jutras, B., Lagacé, J., Lavigne, A., Boissonneault, A., & Lavoie, C. (2007). Behavioral and electrophysiological measures with an adult presenting auditory processing disorders, verbal fluency and learning disabilities. *International Journal of Audiology*, 46, 31-38.
- Kimura, D. (1961). Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 166-171.
- Krishnamurti, S. (2007). Monaural Low-Redundancy Speech Tests. In F.E. Musiek & G.D. Chermak (Eds), *Handbook of (Central) Auditory Processing Disorders. Auditory Neuroscience and Diagnosis. Volume 1*. (pp.193-206). San Diego: Plural Publishing.
- Lagacé, J., Jutras, B., Giguère, C., & Gagné, J.-P. (sous presse). Development of the *Test de phrases dans le bruit (TPB)*. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*.
- Laroche, C., Soli, S., Giguère, C., Lagacé, J., Vaillancourt, V., & Fortin, M. (2003). An Approach to the Development of Hearing Standards for Hearing-Critical Jobs. *Noise & Health*, 6, 17-37.
- Laroche, C., Vaillancourt, V., Mélançon, C., Renault, M.-E., Thériault, C., Soli, S.D. & Giguère, C. (2006). Adaptation du HINT (Hearing in Noise TMB) pour les enfants francophones canadiens et données préliminaires sur l'effet d'âge. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 30, 95-109.
- Lebel, C., & Picard, M. (1995). Développement et essai clinique du Test de seuil vocal en images (TSVI) pour enfants français québécois. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 19, 165-175.
- Lebel, C., & Picard, M. (1997). Influence du mode de réponse sur le seuil de reconnaissance de la parole chez l'enfant français québécois d'âge scolaire. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 21, 17-27.
- Lescoufflair, G. & Phillon, Y. (1972). Listes de mots phonétiquement équilibrées pour enfants. Étude non

- publiée. Québec: Centre Hospitalier Universitaire de Laval.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary-school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36, 156-166.
- Lucks Mendel, L., & Danhauer, J.L. (1997). Characteristics of sensitive speech perception tests. In L. Lucks Mendel & J.L. Danhauer (Eds), *Audiologic Evaluation and Management and Speech Perception Assessment* (pp. 59-100). San Diego: Singular Publishing Group, Inc.
- Lynch, A., & Normandin, N. (1983). SSI: Élaboration d'une version française et application auprès d'une population d'enfants avec troubles d'apprentissage. Unpublished master's thesis. University of Montreal, Montreal, Canada.
- McArdle, R.A., Wilson, R.H., & Burks, C.A. (2005). Speech Recognition in Multitalker Babble Using Digits, Words and Sentences. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 726-739.
- Muchnik, C., Roth, D. A.-E., Othman-Jebara, R., Putter-Katz, H., Shabtai, E.L., et al. (2004). Reduced Medial Olivocochlear Bundle System Function in Children with Auditory Processing Disorders. *Audiology and Neurootology*, 9, 107-114.
- Nilsson, M., Soli, S.D., & Gelenett, D. (1996). Development of the Hearing In Noise Test for Children (HINT-C). *House of Ear Institute*, April, 1-9.
- Nilsson, M., Soli, S.D., & Sullivan, J.A. (1994). Development of the Hearing In Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 1085-1099.
- Nittrouer, S., & Boothroyd, A. (1990). Context effects in phoneme and word recognition by young children and adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87, 2705-2715
- Nordrum, S., Erler, S., Garstecki, D., & Dhar, S. (2006). Comparison of Performance on the Hearing in Noise Test Using Directional Microphones and Digital Noise Reduction Algorithms. *American Journal of Audiology*, 15, 81-91.
- Olsen, W.O., Noffsinger, D., & Kurdziel, S. (1975). Speech Discrimination in quiet and in white noise by patients with peripheral and central lesions. *Acta Otolaryngologica*, 80, 375-382.
- Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec (OOAQ). (2007). *Révision des pratiques courantes en audiologie entourant le trouble de traitement auditif (TTA) chez l'enfant*. Rapport du comité ad hoc. Montréal: Canada.
- Owens, E. (1961). Intelligibility of Words Varying in Familiarity. *Journal of Speech and Hearing Research*, 4, 113-129.
- Perrin, F. & Grimault, N. (2005). *Fonds sonores*. Laboratoire Unités Mixtes de Recherche, Centre National de la Recherche Scientifique 5020, Lyon, France.
- Picard, M., & Bradley, J.S. (2001). Revisiting speech interference in classrooms. *Audiology*, 40, 221-244.
- Pisoni, D.B. (1996). Word Identification in Noise. *Language and Cognitive Processes*, 11, 681-687.
- Pumford, J.M., Seewald, R.C., Scollie, S.D., & Jenstad, L.M. (2000) Speech recognition with in-the-ear and behind-the-ear dual-microphone hearing instruments. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11, 23-35.
- Ricketts, T., & Henry, P. (2002). Evaluation of an adaptive, directional-microphone hearing aid. *International Journal of Audiology*, 41, 23-35.
- Sanches, S.G., & Carvallo, R.M. (2006). Contralateral suppression of transient evoked otoacoustic emissions in children with auditory processing disorder. *Audiology and Neurootology*, 11, 366-372.
- Speaks, C., & Jerger, J. (1965). Method for measurement of speech identification. *Journal of Speech and Hearing Research*, 8, 185-194.
- Sperry, J.L., Wiley, T.L., & Chial, M.R. (1997). Word Recognition Performance in Various Background Competitors. *Journal of the American Academy of Audiology*, 8, 71-80.
- Taylor, B. (2003). Speech-in-noise tests: How and why to include them in your basic test battery. *The Hearing Journal*, 56, 40-43.
- Vaillancourt, V., Laroche, C., Giguère, C., & Soli, S.D. (2008). Ear and Hearing, Establishment of Age-Specific Normative Data for the Canadian French Version of the Hearing in Noise Test for Children, *Ear & Hearing*, 29, 453-466.
- Vaillancourt, V., Laroche, C., Mayer, C., Basque, C., Nali, M., Eriks-Brophy, A., Soli, S.D., et Giguère, C. (2005). Adaptation of the HINT (hearing in noise test) for adult Canadian Francophone populations. *International Journal of Audiology*, 44, 358-369.
- van Wieringen, A., & Wouters, J. (2008). LIST and LINT: Sentences and numbers for quantifying speech understanding in severely impaired listeners for Flanders and the Netherlands. *International Journal of Audiology*, 47, 348-355.
- Veillet, E., Collet, L., & Bazin, F. (1999). Objective evidence of peripheral auditory disorders in leaning-impaired children. *Journal of Audiological Medicine*, 8, 18-29.
- Warrier, C.M., Johnson, K.L., Hayes, E.A., Nicol, T., & Kraus, N. (2004). Learning Impaired Children Exhibit Timing Deficits and Training-Related Improvements in Auditory Cortical Responses to Speech in Noise. *Springer-Verlag*, 157, 431-441.
- Willeford, J.A., & Burleigh, J.M. (1994). Sentence Procedures in Central Testing. In J. Katz (Ed.), *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 239-255). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Wilson, R.H. (2003). Development of a Speech-in-Multitalker-Babble Paradigm to Assess Word-

Recognition Performance. *Journal of the American Academy of Audiology*, 14, 453-470.
Wilson, R.H., & McArdle, R. (2005). Speech signals used

to evaluate functional status of the auditory system. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 42, 79-94.

Tableau 1. Listes actuelles du Test de Mots dans le bruit.

Le pourcentage de reconnaissance moyen obtenu pour chaque mot à la mesure de familiarité apparaît dans la colonne intitulée «Étape 1» et celui obtenu à la mesure d'intelligibilité dans le bruit, apparaît dans la colonne intitulée «Étape 2».

Liste 1			Liste 2			Liste 3			Liste 4		
	Étape 1	Étape 2		Étape 1	Étape 2		Étape 1	Étape 2		Étape 1	Étape 2
pêche	100	100	soif	100	100	coq	81.25	100	poche	100	100
terre	100	90	neige	100	90	peigne	100	90	sol	100	90
ciel	100	90	porte	90.63	90	banque	87.50	90	ferme	93.75	90
sable	100	80	cirque	96.88	80	joie	100	80	table	96.88	80
fête	100	70	croûte	84.38	70	tuque	90.63	70	pile	93.75	70
miel	100	60	couche	100	60	craie	100	50	bain	78.13	50
lait	100	40	œil	93.75	30	grippe	87.50	30	lac	90.63	40
mer	100	30	chat	96.88	20	livre	96.88	20	ventre	81.25	30
parc	96.88	100	hache	96.88	100	chasse	96.88	100	père	96.88	100
classe	96.88	90	bol	84.38	90	filles	93.75	90	viande	96.88	90
tête	96.88	70	tente	100	70	moi	100	70	douche	100	70
pouce	96.88	70	force	96.88	80	ski	96.88	70	quille	96.88	70
œuf	96.88	70	jungle	96.88	80	dos	93.75	80	chien	96.88	70
main	96.88	60	poux	93.75	70	vache	100	60	plage	87.50	60
cœur	96.88	50	coup	90.63	60	laine	93.75	60	os	93.75	60
nom	96.88	30	voix	96.88	30	trou	96.88	30	note	96.88	20
dent	96.88	20	prix	87.50	30	linge	87.50	30	pelle	81.25	30
puce	93.75	80	cage	96.88	80	veau	81.25	80	fil	90.63	80
glace	93.75	80	sac	96.88	90	gomme	90.63	80	poire	93.75	80
fleur	93.75	70	herbe	90.63	80	sel	93.75	80	lèvre	96.88	70
chaise	93.75	70	faim	84.38	80	branche	100	70	carte	93.75	70
gens	93.75	70	ail	93.75	70	toit	100	70	fou	96.88	60
or	96.88	50	mot	96.88	40	clown	90.63	50	patte	93.75	40
passe	93.75	100	monde	84.38	90	doigt	93.75	80	bras	93.75	80
taille	90.63	70	ongle	96.88	80	bal	96.88	70	jour	100	70
yeux	90.63	20	sœur	100	20	rails	93.75	10	clef	96.88	20
sort	90.63	50	roue	84.38	40	bond	90.63	70	toile	96.88	80
colle	87.50	90	page	96.88	90	corde	93.75	90	guerre	96.88	90
champ	87.50	60	jupe	87.50	50	flute	90.63	60	ours	87.50	50
plume	87.50	40	arc	100	30	piéd	96.88	30	queue	93.75	30
peur	84.38	60	feuille	100	60	air	100	70	barbe	93.75	70
pomme	84.38	60	heure	100	60	oncle	84.38	50	groupe	87.50	60
cadre	84.38	30	peau	93.75	40	temps	90.63	30	toux	84.38	40
bout	84.38	40	jeu	81.25	40	phrase	81.25	40	poil	90.63	40
foin	81.25	60	piège	100	50	crème	96.88	60	tour	100	60
Moyenne	93.84	63.43		94.02	64.00		93.39	63.14		93.40	63.14
É.-T.	5.59	22.61		5.84	24.16		5.71	23.61		5.66	22.33

Annexe

QUESTIONNAIRE-MAISON

1. Avez-vous de la difficulté à entendre? oui non
2. Avez-vous eu beaucoup d'otites (infections d'oreille) dans le passé?
Si oui, avez-vous eu des 'tubes'? oui non
 oui non
3. Avez-vous eu des problèmes d'apprentissage scolaire? oui non
4. Avez-vous eu à doubler une année scolaire? oui non
5. Avez-vous eu des problèmes de concentration? oui non
6. Avez-vous un problème d'attention diagnostiqué? oui non
7. Avez-vous (ou prenez-vous) des médicaments pour être plus calme? oui non
8. Avez-vous eu des difficultés à l'apprentissage du langage? oui non
9. Avez-vous déjà consulté ou été suivi en orthophonie? oui non
10. Avez-vous une bonne santé générale? oui non



Freedom Step

Convert a standard floor to a superior floor
with the Freedom Step Acoustical & Impact
Isolation Subfloor

AcustiFloat®
Acoustical & Impact Subfloor Systems

WILREP LTD.

Tel. (905) 625-8944 Toll Free 1-888-625-8944

www.acoustifloat.com

Gym Rooms Playrooms Home Theaters Dance Floors

AcustiFloat is a registered Trademark of WILREP LTD.

SINGLE CELL SIZE ESTIMATION FROM BACKSCATTERED SPECTRUM BY USING SOME WEAK ACOUSTIC SCATTERING APPROXIMATIONS

RATAN K SAHA¹, SUBODH K SHARMA² AND MICHAEL C KOLIOS¹

¹DEPARTMENT OF PHYSICS, RYERSON UNIVERSITY, 350 VICTORIA STREET, TORONTO, ONTARIO, M5B2K3, CANADA.

²DEPARTMENT OF THEORETICAL SCIENCES, S N BOSE NATIONAL CENTRE FOR BASIC SCIENCES, BLOCK JD, SECTOR III, SALT LAKE, KOLKATA 700098, INDIA.

Email: ratank.saha@ryerson.ca, sharma@bose.res.in, mkolios@ryerson.ca

ABSTRACT

A method for the sizing of a cell in suspension by ultrasonic means is discussed. The technique uses frequency minima of the backscatter intensity pattern for an acoustically weak scatterer and provides a simple formula for scatterer size estimation in the framework of the Born approximation. The technique has been implemented here to examine performance of the Born approximation and a modified Born approximation in predicting size of a cell in a suspension. This was done by comparing the mean diameter of a cell obtained from optical microscopic measurements over many cells and that determined by employing these approximations only using the minima of measured high-frequency (10-65 MHz) ultrasonic backscatter spectra. Both approximations in estimating size of a scatterer worked with high accuracy (error < 3%) for scatterers like PC-3 cells ($ka \approx 0.55-3.58$) and sea urchin oocytes ($ka \approx 1.54-10.03$) where, k and a are the wave number of the incident wave and scatterer size respectively. This study suggests that this simple method can be used to estimate cell size.

RÉSUMÉ

Une méthode est présentée qui permet d'estimer la dimension d'une cellule par des techniques ultrasoniques. Cette méthode utilise les fréquences minimums dans la courbe de l'intensité de la rétrodiffusion acoustique pour des diffuseurs faibles et fournit une formule simple pour l'estimation de la dimension des diffuseurs dans le cadre de l'approximation de Born. Dans ce travail, on a comparé les résultats de l'approximation Born et une approximation modifiée de ce rapprochement pour l'estimation de la taille des cellules en suspension. Pour cela le diamètre moyen d'ensemble des cellules est obtenu par la microscopie optique. Ensuite ce valeur est comparé par les résultats de calcul en utilisant ces approximations sur les minimums du spectre de la rétrodiffusion acoustique à haute fréquence (10-65 MHz). Ces deux approximations ont montré une grande précision (erreur < 3%) pour l'estimation de la dimension dans le cas de diffuseurs acoustiques comme les cellules PC-3 ($ka \approx 0.55-3.58$) et les ovocytes d'oursin ($ka \approx 1.54-10.03$) où les paramètres k et a indiquent respectivement le nombre d'onde pour l'onde incident sur l'objet et la taille du diffuseur acoustique. Cette étude suggère que la méthode proposée ci-dessus peut être utilisée pour estimer la taille des cellules.

1 INTRODUCTION

It was shown in recent publications [1-3] that it is possible to measure the backscatter signal for high frequency (10-65 MHz) ultrasound scattered from an individual cell. These studies examined the frequency dependent backscatter of nucleated and non-nucleated cells with known average size (radius $a < 80 \mu\text{m}$) and an approximately spherical shape. It was also shown that the analytical solution based on the Anderson's fluid sphere model [4] can be used to describe measured backscatter intensity patterns for a nucleated cell (PC-3 cells, a line of human prostate cancer cell with mean radius $a = 13 \mu\text{m}$) with nucleus to cell volume ratio 0.33 and also for a cell without nucleus (sea urchin oocyte with mean radius $a = 37.5 \mu\text{m}$). The mean size of a PC-3 cell and the approximate values of its acoustic properties were given as

inputs to the model to generate a theoretical curve describing the cell backscatter assuming that the acoustic properties of the surrounding medium were known. Similarly for sea urchin oocytes its mean size and acoustic properties of the ambient medium were taken as inputs while density and speed of sound within the cell were found from the curve which provided the best fit to the experimental data. In both cases, complex calculations were required to generate the theoretical curves used and properties of both the cell and ambient medium were required to match the theoretical predictions with experimental data. It is believed that proper understanding of scattering process of ultrasound waves at the cellular level would be helpful to develop methods for the analysis of backscattered signals from cell ensembles and consequently to characterize their morphology which could then be related to clinical conditions such as malignancy [5, 6].

In another recent paper [7] it was shown that the size of a weak spherical scatterer in the Mie regime with size parameter, $ka > 1$, can be determined by employing the Born approximation (or the modified Born approximation) from the measured backscattered intensity using its frequency minima. Here, k and a indicate the wave number of the incident wave and scatterer size, respectively. Essentially the knowledge of orders of minima of the backscatter intensity pattern and wave numbers of incident waves corresponding to those minima can provide an estimation of the size of the scatterer. It is a much simpler approach because there is no need to run an optimization algorithm to fit the experimental data with the theoretical model. This approach is also capable of providing accurate estimation of scatterer size.

The expression for the scattering amplitude of an incident plane wave by a spherical object in the modified Born approximation can be derived by approximating the unknown pressure field inside the scatterer as $\exp(i\vec{m}\vec{k} \cdot \vec{r})$, (rather than $\exp(i\vec{k} \cdot \vec{r})$ as in the case of Born approximation), where m is the ratio of wave number within scattering object to that of surrounding medium and is analogous to the refractive index in optics. In this manner acoustic properties of the scatterer can be incorporated into the expression of pressure field inside the scatterer. One then solves the integral equation for pressure field using the Green's function method [8]. Alternatively one can also derive the same mathematical expression for the scattering amplitude from the Anderson's model in the weak scattering limit [8]. This simple modification was found to increase the validity domain of the Born approximation in the forward scattering direction [8]. Moreover, both approximations work at their best to reproduce backscattered intensity pattern when $ka < 1$. However, for size estimation alone, they can even be used for scatterers with $ka > 1$. This technique may be useful to monitor the time evolution of the size of a target cell/region embedded in a tissue medium for applications ranging from tissue engineering to the monitoring of response to treatment in situations where the power spectrum exhibits the frequency minima.

This methodology relies on the fact that for a Mie scatterer the measured backscattered intensity passes through zeros or minima when plotted as a function of incident wave vector k . Physically, a zero or a minimum arises due to the destructive interference of scattered signals originating from the secondary sources within the scatterer. In the Born approximation this behavior can be mathematically attributed to the spherical Bessel function, which appears in the analytical expression of scattering amplitude for a homogeneous weak spherical scatterer. For the case of backscattering, the argument of the spherical Bessel function becomes $2ka$. The square of the spherical Bessel function reaches its minima (viz, its zeros) at some particular values of its argument. For example, the first three minima occur at $2ka = 4.49$, 7.72 and 10.90 respectively, and the n^{th} zero (or minimum) at $2ka =$

$\sqrt{(n+0.5)^2\pi^2 - 2}$ [9]. Therefore, the estimated size of a spherical scatterer in the Born approximation by using the n^{th} minimum is given by [7]:

$$a_{es}^b = \frac{\sqrt{(n+0.5)^2\pi^2 - 2}}{2k_n}, \quad (1)$$

where, a_{es}^b is the estimated radius of the spherical scatterer and k_n is the wave number of interrogating wave corresponding to n^{th} zero or minimum of the measured backscattered power spectrum. The subscript *es* represents the estimated size whereas the superscript *b* indicates the Born approximation. Similarly by using the modified Born approximation one can arrive at [7]:

$$a_{es}^{mb} = \frac{\sqrt{(n+0.5)^2\pi^2 - 2}}{(1+m)k_n}, \quad (2)$$

because in this derivation for backscattering the argument of the spherical Bessel function becomes $(1+m)ka$. The superscript *mb* refers to the modified Born approximation. Note that the knowledge of m is a prerequisite for the implementation of Eq. (2). The accuracies of these approximate methods have been numerically assessed in detail in [7] for spherical and cylindrical targets with a wide range of the size parameter ka (ranging from 3 to 75).

In this paper we discuss the accuracy of this technique when employed in extracting information on the size of single cells from measured backscattered spectra of nucleated and non-nucleated cells. This is done by comparing the mean diameter available from direct optical microscopic measurements of a cell with those predicted by the Born approximation and modified Born approximation from measured frequency dependent backscattered spectra. This method is simple and easy to implement. Our results show that the method is quite accurate and reliable for weak scatterers of ultrasound waves. Hence, it can be used in practice when size information is not known a-priori.

2 RESULTS

The left panel of Fig. 1 illustrates frequency dependent backscattering cross-section [8] calculated using the Anderson, Born and modified Born approximation methods for a PC-3 cell ($ka \approx 0.55$ to 3.58 for the incident waves between 10-65 MHz) with phosphate buffer solution (PBS) as the ambient medium. Corresponding ka values are also presented. The numerical values of the parameters were taken from [1] to generate the theoretical curves. Although the error associated with intensity prediction in the Born approximation becomes more than 10% after 34.5 MHz ($ka \approx 1.90$), the position of minimum is reproduced reasonably well (error < 3.6%). The error decreases slightly in case of modified Born approximation. Therefore, the size of a scatterer with regular shape can be determined by using

these approximations because the positions of minima are defined by the size parameter ka . The right panel of Fig. 1 (taken from [1]) shows a comparison between theoretical and experimental results. In this figure the backscatter transfer function, which is the ratio of magnitude of the Fourier transform of backscatter signal and that of the average reference signal, has been plotted in dB scale as a function of insonifying frequency. Backscattered echo signals from a flat polished SiO₂ crystal (Edmund Industrial Optics Inc., part 43424; $\rho=2200$ kg/m³, $c=5720$ m/s) placed at the transducer focus in seawater were recorded to obtain the reference signal. It is evident from this figure that both are in good agreement. The measured minimum occurs at about 41.5 MHz, and for that incident wave Eq. (1) and (2) give $a_{es}^b \approx 12.8$ μm and $a_{es}^{mb} \approx 12.9$ μm respectively for $n = 1$. The numerical value for the m parameter in Eq. (2) was obtained from the values of speed of sound in the ambient medium and within the scatterer. Similar plots are displayed in Fig. 2 (right panel taken from [2]) for the scattering of ultrasound waves by sea urchin oocytes ($ka \approx 1.54$ to 10.03) suspended in artificial seawater. It is clear from the left panel of Fig. 2 that the positions of minima are more accurately reproduced by the modified Born approximation. In this case also we choose the numerical values of parameters similar to that used in [2] to obtain the curves. The estimated average values of size are $a_{es}^b \approx 36.4$ μm and $a_{es}^{mb} \approx 37.0$ μm in the two approximations respectively. Here, we used the orders $n = 1$ to 5 and the corresponding positions of intensity minima at 15, 26, 36.6, 46.5 and 57 MHz respectively as shown by the experimental curve. In both cases estimations are quite accurate (error < 3%). The accuracy of the modified Born approximation is even better than the Born approximation. However, information regarding m (the ratio of wave numbers inside and outside the scatterer) is required [see Eq. (2)] in the case of the modified Born approximation.

3 CONCLUSION

The Born approximation and its modified form can be used to estimate the size of a cell with weak scattering properties and size parameter $ka > 1$ (Mie scatterer), if its frequency dependent backscattering pattern is measured. New ultrasound technologies have the capability to display, in real time, the ultrasound backscatter power spectra (for example the VEVO series from VisualSonics, Toronto, Ontario); therefore, simple calculations based on the values of frequency minima and equations 1 and 2 can be used to rapidly assess the size of the scatterers examined. The accuracy of these approximations in determining the size of a cell has been assessed in this paper. This was done by comparing direct optical microscopic measurements with those obtained by employing these approximations from the measured backscattered spectra. The orders (n) of frequency minima of the backscatter intensity pattern and wave

numbers of incident waves corresponding to those minima were required to implement the scheme. In this study for this purpose we used backscattered spectra for PC-3 cells ($ka \approx 0.55$ to 3.58) and sea urchin oocytes ($ka \approx 1.54$ to 10.03) for the incident waves between 10-65 MHz. This method is simple and the computation of scatterer size is straight-forward. In case of the Born approximation knowledge of the acoustic properties of the scattering cell are not required as inputs to the model and thus it is completely geometrical. However, in case of the modified Born approximation knowledge of m (the analogue of refractive index) of the scatterer is needed to implement the scheme. Our results show that this technique works quite accurately (size estimation error < 3%) and thus may be used to monitor time evolution of scatterer size in a non-invasive manner. This size information can further be used to obtain acoustic properties (speed of sound and density) of that cell while finding the best fit to experimental data by the analytical expression of backscattered spectrum based on the Anderson's model. In this case it would be an optimization for two parameters not for three parameters (size, speed of sound and density) and intuitively that is a simpler approach. Therefore size as well as the acoustic properties of a scatterer can be determined by combining approximate methods and the Anderson's model.

ACKNOWLEDGEMENTS

We like to thank Dr. Behrouz Soroushian of Ryerson University for helping us to prepare the French version of the abstract. We also thank Prof. Binayak Dutta-Roy of Satyendra Nath Bose National Centre for Basic Sciences for careful reading of the manuscript.

REFERENCES

- [1] R E Baddour and M C Kolios, "The fluid and elastic nature of nucleated cells: Implications from the cellular backscatter response", *J. Acoust. Soc. Am.*, **121**(1), EL16-22, 2007.
- [2] O Falou, R E Baddour, G Nathanael, G J Czarnota, J C Kumaradas and M C Kolios, "A study of high frequency ultrasound scattering from non-nucleated biological specimens", *J. Acoust. Soc. Am.*, **124**(5), EL278-283, 2008.
- [3] R E Baddour, M D Sherar, J W Hunt, G J Czarnota and M C Kolios, "High frequency ultrasound scattering from microspheres and single cells", *J. Acoust. Soc. Am.*, **117**(2), 934-943, 2005.
- [4] V C Anderson, "Sound scattering from a fluid sphere", *J. Acoust. Soc. Am.*, **22**(4), 426-431, 1950.
- [5] T E Doyle, A T Tew, K H Warnick and B L Carruth, "Simulation of elastic wave scattering in cells and tissues at the microscopic level", *J. Acoust. Soc. Am.*, **125**(3), 1751-1767, 2009.

[6] T E Doyle, K H Warnick and B L Carruth, "Histology-based simulations for the ultrasonic detection of microscopic cancer *in vivo*", J. Acoust. Soc. Am., **122**(6), EL210-216, 2007.

[7] R K Saha and S K Sharma, "Determination of accuracy of particle size by acoustic scattering using a modified Born approximation", Indian Journal of Pure and Applied Physics, **46**(11), 761-770, 2008.

[8] S K Sharma and R K Saha, "On the validity of some new acoustic scattering approximations", Waves in Random Media, **14**(4), 525-537, 2004.

[9] S K Sharma and D J Somerford, "Light scattering by optically soft particles theory and applications", Springer-Praxis: Chichester, UK, pp-93, 2006.

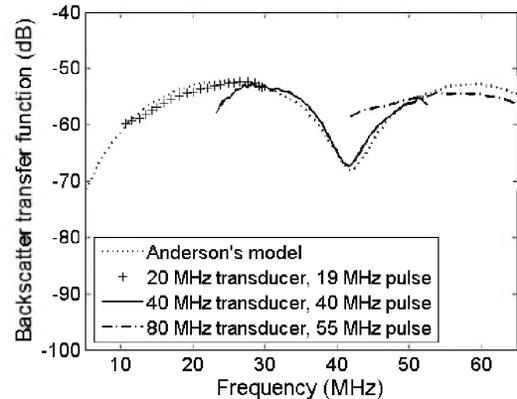
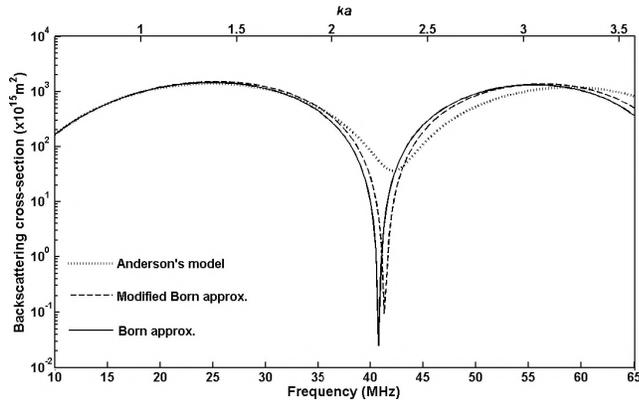


Fig. 1: Left panel: Theoretical (fluid sphere model), modified Born approximation and the Born approximation results for a scatterer (fluid sphere) with $d=26 \mu\text{m}$, $c=1523 \text{ m/s}$, $\rho=1180 \text{ kg/m}^3$ surrounded by a medium with $c=1483 \text{ m/s}$, $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$. Right panel: Normalized theoretical and measured backscatter frequency response for a PC-3 cell (a line of human prostate cancer cells) in phosphate buffered saline (PBS) solution subject to three incident pulses from three transducers: 20, 40 and 80 MHz excited at 19, 40 and 55 MHz respectively (reproduced from [1]).

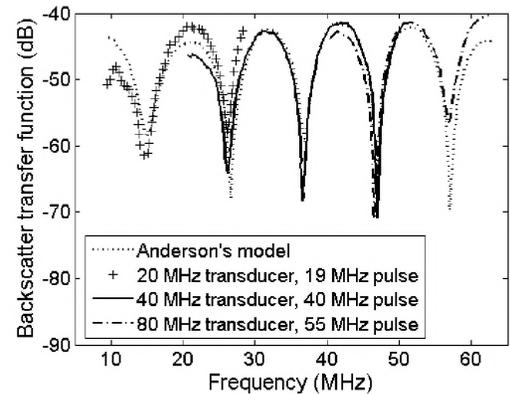
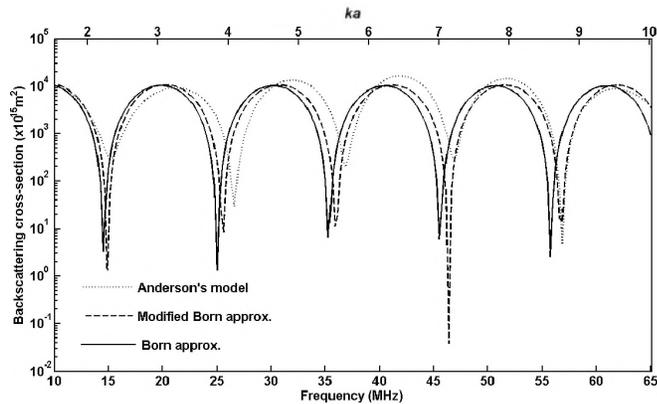


Fig. 2: Left panel: Theoretical (fluid sphere model), modified Born approximation and the Born approximation results for a scatterer (fluid sphere) with $d=75 \mu\text{m}$, $c=1573 \text{ m/s}$, $\rho=1198 \text{ kg/m}^3$ surrounded by a medium with $c=1527 \text{ m/s}$, $\rho=1025 \text{ kg/m}^3$. Right panel: Normalized theoretical and measured backscatter frequency response for single sea urchin oocyte in artificial seawater. Same transducers as given in Fig. 1 were used during measurements (reproduced from [2]).

LE BONHEUR DU BRUIT : QUELLES FRÉQUENCES POUR LA CROISSANCE?

ROLAND TROKE-BARRIAULT

157 Laurier E., Université d'Ottawa, Ottawa, ON. K1N 1K5

SOMMAIRE ABSTRACT

Afin d'examiner l'effet de différents types de bruit sur la croissance des plantes, quatre types de plantes (les pois, les haricots, les radis et les trèfles) ont été exposées à trois différents bruits colorés (le Bruit Blanc, Violet et Brownien) pour une période de 14 jours. Quoique la plupart des plantes poussent mieux sous l'influence du Bruit Blanc, le Bruit Violet semble plus efficace pour favoriser la croissance des radis.

ABSTRACT

To observe the effect of different types of "coloured" noises, I examined four types of plants (peas, beans, radishes and shamrocks) exposed to three varieties of "coloured" noise (white noise, violet noise and Brownian noise). I discovered that most plants grew better when exposed to white noise, but that violet noise was more efficient at stimulating radish growth.

1 INTRODUCTION

Lorsqu'on pense à comment les plantes sont affectées par la lumière du soleil, on s'intéresse en fait aux effets d'une portion de ce qui s'appelle le spectre électromagnétique. La portion du spectre électromagnétique la plus connue est celle des couleurs visibles. La radiation électromagnétique est caractérisée par sa longueur, sa fréquence et l'intensité de ses ondes. Ce n'est que lorsque les longueurs d'ondes se retrouvent entre 380 et 740 nm qu'elles peuvent être perçues par les humains comme des couleurs. Les couleurs qui sont perçues par l'œil diffèrent selon leurs formes.

Les sons sont classifiés d'une façon semblable basée sur leur densité spectrale de puissance. Les sons, tout comme les couleurs visibles, existent en forme d'ondes et diffèrent aussi en fonction de leur longueur, leur fréquence et leur intensité. Ces bruits sont catégorisés selon un diagramme d'intensité mesurée en décibels en fonction de leur fréquence en hertz. Des bruits avec des formes croissantes seraient plutôt aigus, car leurs intensités sonores seraient plus fortes à des octaves plus élevées. De la même façon, des bruits avec des formes décroissantes seraient plus graves.

2 BUT ET HYPOTHÈSE

Le but principal de ce projet était de trouver des applications pratiques pour les différents types de « bruit coloré » dans le domaine de l'agriculture. Comme la lumière et le spectre électromagnétique ont un fonctionnement semblable (mais pas identique) au spectre sonore, on pourrait supposer que si l'une de ces forces a un effet sur la croissance des plantes, l'autre y jouerait potentiellement un rôle. Depuis des centaines d'années, plusieurs relations ont été établies entre le son et le développement des plantes. Que ce soient les vieilles histoires de gens qui chantaient à leurs légumes pour les faire croître ou les expériences modernes menées pour

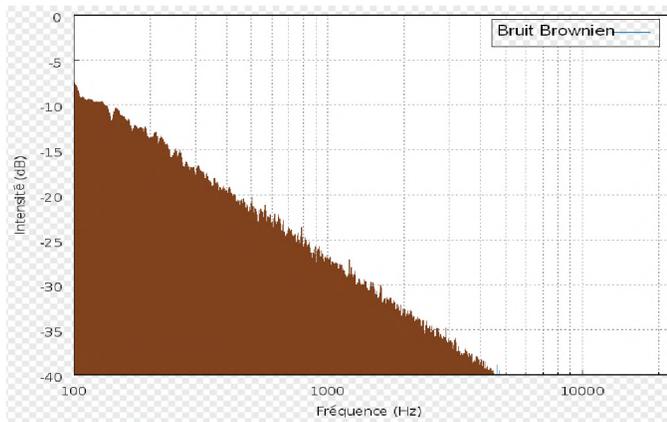
examiner l'effet de la musique sur les plantes, cette relation est plutôt présente dans notre culture (Earthpulse Press, 1998). Par contre, très peu d'expériences ont été conduites pour déterminer les effets exacts des différentes fréquences des sons, ni pour identifier la méthode sonar la plus efficace pour favoriser le développement des plantes.

Dans le cadre de cette expérience, je voulais examiner l'effet de différents types de "bruit coloré" (Blanc, Brownien, Violet) sur la croissance de quatre types de plantes différentes (pois, haricots, radis et shamrock). Le but de mon expérimentation était de déterminer si une fréquence sonore spécifique pouvait influencer la croissance des plantes. Je voulais également voir les effets de ces bruits sur le taux de germination de chaque plante. Parce que le Bruit Blanc incorpore un plus large spectre de son que les autres bruits, j'ai posé comme hypothèse que les plantes réagiraient à celui-ci d'une façon plus importante. Cette hypothèse était basée sur ce qui est connu à l'égard des spectres de la lumière. La lumière blanche incorpore tous les spectres de lumière à des niveaux égaux et, comme résultat, est très efficace pour favoriser la croissance d'un grand nombre de plantes.

3 L'EXPÉRIENCE

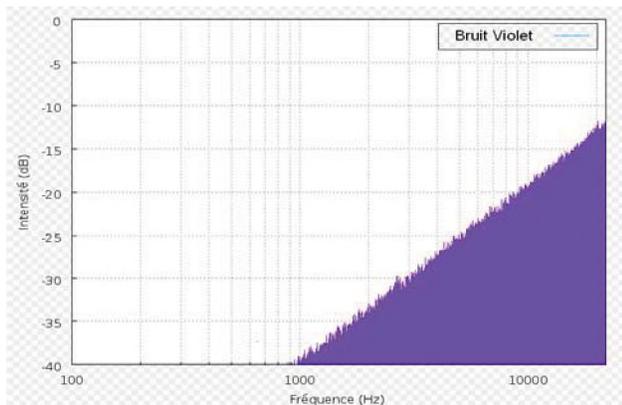
Pour cette expérience, j'ai planté les graines (ainsi que les morceaux de shamrock) dans seize godets identiques remplis de terreau, à des profondeurs appropriées, en outre, 1" (2.54 cm) sous le sol pour les pois, 1½" (3.81 cm) sous le sol pour les haricots, ½" (1.27 cm) sous le sol pour les radis et ½" (1.27 cm) sous le sol pour les morceaux de shamrock. Ensuite, j'ai placé un godet de chaque plante dans quatre salles isolées. Dans trois de ces salles, j'ai branché un baladeur numérique et j'ai fait jouer un des trois types de bruit coloré. Dans la quatrième salle, je me suis assuré qu'il n'y ait pas de son (condition contrôle).

Dans la première de ces salles ou «stations», le baladeur numérique jouait du Bruit Blanc. Le Bruit Blanc est composé de toutes les fréquences, chaque fréquence ayant la même énergie. Le nombre de fréquences doublant d'une octave à l'autre, l'énergie croît linéairement de 3 dB par octave.



À la deuxième station, le baladeur numérique jouait du Bruit Brownien. Le Bruit Brownien contient plus d'énergie en basse fréquence que le Bruit Blanc. Il diminue en puissance de 6 dB par octave. Ce son est semblable à celui d'une chute d'eau.

Dans la troisième station, j'ai fait jouer du Bruit Violet. Le Bruit Violet a une densité sonore qui augmente de 6 dB par octave. Ainsi, il est presque l'opposé du Bruit Brownien, qui diminue de 6 dB par octave.

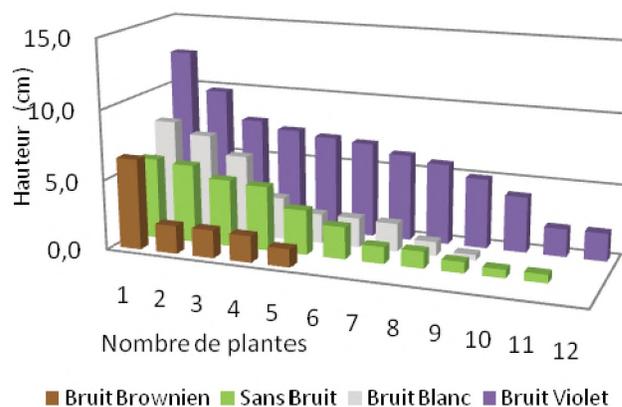


À chacune de ces «stations», j'ai installé une lampe avec un «SPOT-GRO» (lumière favorisant la croissance des plantes). Afin de s'assurer que chaque plante recevait une quantité égale de lumière, chaque plante était placée à une distance de 36" (91,44cm) du «SPOT-GRO». Chaque jour, 60 ml d'eau fut donnée à chaque plante. La qualité des graines, la grandeur des godets et la température (20 C) étaient constantes d'une station à l'autre. Ainsi, le seul facteur pouvant entraîner une différence notable au niveau de la croissance des plantes était le type de bruit utilisé. Pendant 14 jours, le développement, la croissance et la condition de chaque plante furent analysés.

4 RÉSULTATS

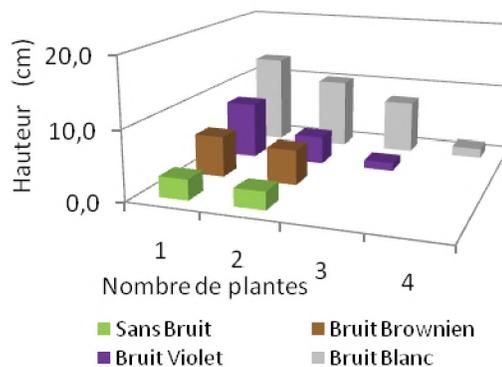
À la fin des 14 jours de cette expérience, les résultats pour chaque plante et pour chaque bruit furent comparés. Pour des raisons inconnues, les morceaux de Shamrock et les graines de haricots ont seulement commencé à croître une semaine après la fin de l'expérience. Les radis et les pois, par contre, avaient atteints des grandeurs plutôt impressionnantes dans cette courte période de temps. Pour les radis, le Bruit Violet et le Bruit Blanc ont généré les meilleurs résultats en ce qui concerne la hauteur des plantes ainsi que le taux de germination, suivi par la condition de silence, et finalement, le Bruit Brun. Sur la base de ces résultats, il semblerait que les radis ont une meilleure croissance et probabilité de pousser en présence de fréquences aiguës.

Figure 1: Radis (Toutes les plantes)



Les résultats sont différents pour les pois, pour lesquels le Bruit Blanc a été le plus favorable. Il semblerait également que les pois réagissent mieux au Bruit Brownien que les radis, le Bruit Brownien étant plus efficace pour la croissance et germination que le silence complet.

Figure 2: Pois (Toutes les plantes)



Une semaine après la fin de l'expérience, les haricots et les morceaux de shamrock ont commencé à croître. Dans ces deux cas, le Bruit Blanc, suivi du Bruit Violet, ont mieux fa-

vorisé la croissance de ces plantes.

5 CONCLUSION

L'énergie solaire influence la croissance des plantes par l'entremise du processus de la photosynthèse. Par ce processus, l'énergie sous forme de photons est utilisée pour convertir le dioxyde de carbone et l'eau en glucose et oxygène, le glucose contribuant à la croissance des plantes.

Ce processus est important car il fournit aux plantes de l'énergie essentielle pour leur développement. Mais peut-être y a-t-il d'autres formes d'énergie pouvant jouer un rôle dans le développement des plantes?

Les ondes sonores sont des ondes mécaniques longitudinales. Elles se propagent dans les solides, les liquides et les gaz. Les particules transmettent ces ondes oscillantes dans le sens de leur propagation. Une onde longitudinale est une onde qui vibre le long de sa direction de propagation. Les ondes mécaniques longitudinales sont aussi appelées des ondes de compression ou des ondes de pression.

Autrement dit, une onde sonore est une onde physique qui exerce de la pression sur tout ce qu'elle rencontre lors de sa propagation. Ainsi, les ondes sonores pourraient potentiellement contribuer au développement des plantes en leur fournissant de l'énergie cinétique.

Durant les années 90s, un physicien français nommé Joel Sternheimer a découvert un mécanisme par lequel les plantes réagissent à la stimulation des ondes sonores. Il détient un brevet touchant un processus par lequel certaines ondes sonores sont jouées pour stimuler un acide aminé dans une protéine, ce qui accélère le développement de la plante.

Par ce processus, il serait possible de trouver des «mélodies» spécifiques favorisant la croissance de différents types de plantes, chaque fréquence du son exerçant de la pression pour stimuler un acide aminé différent.

Par contre, comme tous progrès scientifiques, le concept d'un supplément sonore pose plusieurs problèmes. Le plus notable de celles-ci étant les mauvais effets associés à la pollution sonore. Pour s'échapper de ce problème il faudra peut être concentrer l'utilisation des suppléments sonores dans des serres capables de bloquer les sons ou dans des milieux isolés des villes où du tel bruit pourrait causer des problèmes.

En conclusion, les possibilités offertes par ce phénomène sont illimitées et importantes. Les retombées pour l'environnement et pour l'économie sont également notables. Imaginez l'efficacité des ondes sonores en ce qui concerne la réduction de la pollution. On pourrait faire croître des légumes et autres plantes plus rapidement en utilisant moins d'engrais et autres produits chimiques ainsi que des lumières artificielles coûteuses. De plus, en ce temps de récession économique, un supplément sonore serait une alternative financière efficace comparativement aux engrais chimiques et l'illumination ar-

tificielle.

6 REMERCIEMENTS

J'aimerais exprimer ma gratitude sincère pour l'encouragement et l'appui de l'École Rose-des-Vents (M. Louis Cormier, Mme. Stéphanie Dionne et Mme. Ghislaine Leblanc); le Conseil Scolaire Acadien Provincial (M. Normand Poirier); NS-YES (M. Cliff Coveyduc) et mes parents.

SOURCES ET BIBLIOGRAPHIE

Haber-Schaim, Uri, et als, Physique PSSC troisième édition, Québec : Centre Éducatif et Culturel Inc., Education Development Center, Inc., 1974

Hirsch, Alan J., Physique PSSC troisième édition, Québec : John Wiley and Sons Canada Limited, Guérin, éditeur Itée, 1991

Resnick, Robert et Ondes, David Halliday, Optique et Physique Moderne (Physique 3), Québec : Éditions 1987,

Blackmore, Dr. Susan, The Elusive Open Mind: Ten Years of Negative Research in Parapsychology, The Skeptical Inquirer, Amherst, NY, 14226, USA

<http://www.susanblackmore.co.uk/Articles/si87.html>

1998, Tompkins, Peter et Bird, Christopher, French Physicist Creates New Melodies – Plant Sounds, Earthpulse Press Inc., Anchorage, Alaska 99520, USA <http://www.earthpulse.com/src/subcategory.asp?catid=2&subcatid=6>

2009, Le Décibel, www.orange.fr/http://pagesperso-orange.fr/f5zv/RADIO/RM/RM23/RM23m/RM23m02.html

IT WAS LOUD, AND I CAN PROVE IT!

To document my complaint I used a Norsonic N-140 Nuisance Noise Recorder and Analyzer from Scantek, Inc. and have all the proof I needed.



- Easily operated by complainant.
- Levels read continuously and sound is recorded as wav only when complainant hears it.
- Meets all national and international instrumentation standards.
- Easy to analyze.
- Full fidelity audio recordings for reliable evidence gathering. Video available.
- Levels logged once per second or faster for accurate detection during measurements.
- Internal reference tone recorded for calibrated playback.
- Three-year full manufacturer's warranty.
- System contained in small, tough, padlocked lightweight case.

Scantek, Inc.

**Sound & Vibration Instrumentation
and Engineering**

www.scantekinc.com
info@scantekinc.com

800-224-3813

WHAT'S NEW in Canada ??

*Promotions
Deaths
New jobs
Moves*

*Retirements
Degrees awarded
Distinctions
Other news*

Do you have any news that you would like to share with Canadian Acoustics readers? If so, send it to:

QUOI DE NEUF en Canada??

*Promotions
Décès
Offre d'emploi
Déménagements*

*Retraites
Obtention de diplômes
Distinctions
Autres nouvelles*

Avez-vous des nouvelles que vous aimeriez partager avec les lecteurs de l'Acoustique Canadienne? Si oui, écrivez-les et envoyer à:

Jeremie Voix - Email: voix@caa-aca.ca

DÉCIBELS DANGEREUX – EXPOSITION VIRTUELLE : UN OUTIL DE SENSIBILISATION AUX EFFETS DU BRUIT

BLAISE GOSSELIN, ING.¹ et François Gosselin, ing. jr²

¹HYDRO-QUÉBEC, 2 COMPLEXE DESJARDINS, TOUR EST, 10ÈME ÉTAGE, C.P. 10000, SUCC. DESJARDINS, MONTRÉAL, QC, H5B 1H7

²DÉCIBEL CONSULTANTS, 265, BOUL. HYMUS, BUREAU 2500, POINTE-CLAIRE, QUÉBEC, H9R 1G6

Le site Internet www.dangerousdecibels.org est dédié à la prévention de la perte auditive causée par le bruit. Il s'adresse particulièrement aux étudiants du primaire. C'est un outil de sensibilisation qui préconise un changement d'attitude et de comportement face aux sources de bruit courantes. Le site comprend entre autre un lien appelé «Virtual Exhibit» (<http://www.dangerousdecibels.org/virtualexhibit/index.html>) qui regroupe des jeux, des démonstrations et des activités pour répondre à trois (3) questions importantes :

- Quelles sont les sources sonores dangereuses ?
- Quels sont les effets d'écouter des sons dangereux ?
- Comment peut-on se protéger des sons dangereux ?

Le «Virtual Exhibit» est maintenant disponible en français sous le nom «Décibels dangereux - Exposition virtuelle» à l'adresse Internet http://www.dangerousdecibels.org/virtualexhibit_french/index.html.

«Décibels dangereux - Exposition virtuelle» comprend 8 modules qui sont :

- De quel son s'agit-il?
- Comment entendons-nous?
- Est-ce que c'est trop fort?
- Le son, c'est quoi?
- Protège tes oreilles
- Mesurer le son
- Brasse la cage!
- Qu'est-ce que tu connais?

Voici de brefs commentaires et suggestions concernant chacun des modules :

Le module **De quel son s'agit-il?** est évocateur, convivial et intéressant. On peut y entendre divers sons courants en simulant une perte auditive (avec et sans perte auditive). On pourrait bonifier ce module en y ajoutant par exemple de l'information sur les effets des pertes auditives temporaires. Aussi, il serait intéressant de distinguer les sons comportant des hautes fréquences de ceux composés de basses fréquences, de sorte que l'utilisateur pourrait apprécier la perte auditive associée aux sons aigus et aux sons graves.

Le module **Comment entendons-nous?**, est également très instructif. On y décrit les différentes parties de l'oreille. Les explications sont claires et concises et les images aident à la compréhension.

Le module **Est-ce que c'est trop fort?**, permet de sensibiliser aux divers niveaux sonores. Cependant, il manque certaines informations pour avoir une idée plus juste de l'intensité des sons. Entre autre, la distance de la source n'est pas spécifiée pour les niveaux sonores mentionnés. Par exemple, dans le cas d'une usine, on indique que le niveau de bruit produit est de 85 dBA. On sait toutefois que cette valeur ne s'applique généralement pas aux personnes vivant autour de l'usine mais plutôt à celles se trouvant sur le site de l'usine et qui peuvent être exposées à des niveaux de plus de 85 dBA. La même situation s'applique pour le bruit d'un avion dont le niveau est évalué à 140 dBA.

De plus, on indique un seul niveau sonore par source ce qui peut porter à croire que toutes les sources du même type émettent exactement les mêmes niveaux sonores. Il serait sans doute souhaitable de donner une plage de niveau sonore.

Finalement, parmi les sources sonores présentées, il serait pertinent d'inclure les appareils audio portatifs comme les lecteurs MP3 parce que beaucoup de jeunes y sont exposés durant de longues périodes. On pourrait par exemple y faire la comparaison entre le niveau sonore pour un réglage à volume moyen et celui lorsque le volume est élevé. De même, il serait utile d'ajouter les mobylettes puisque plusieurs jeunes les utilisent et qu'elles sont souvent bruyantes.

Le module **Le son, c'est quoi?** est simple et illustre assez bien la propagation du son.

Le module **Protège tes oreilles** est un exercice intéressant qui permet de choisir la meilleure solution dans le cas d'exposition au bruit. Il permet également de pondérer le danger par rapport au niveau de bruit et à la durée d'exposition.

Le module **Comment mesure-t-on les ondes sonores?** est une source de renseignements importante qui permet à l'utilisateur de se faire une bonne idée de l'échelle des décibels, de la fréquence des sons ainsi que de la durée d'exposition en fonction des niveaux. Il faudrait toutefois y définir les termes NIOSH et CDC auxquels on fait référence. Il serait aussi utile de mentionner que les niveaux sonores peuvent être mesurés au moyen d'un sonomètre. Également, il y aurait lieu d'harmoniser les niveaux mentionnés sur le «ther-

momètre de bruit» à ceux de la section «Est-ce que c'est trop fort?». Par exemple, le thermomètre indique 75 dBA pour la circulation routière dense alors qu'on donne 85 dBA dans la section «Est-ce que c'est trop fort?».

Le module **Brasse la cage** se veut un outil pour inciter les jeunes à ne pas avoir peur d'exprimer leur conviction face à l'exposition au bruit. Ici encore, on retrouve de l'information pertinente sur les niveaux sonores. Est-ce que ça convaincra les jeunes? On le souhaite!

Finalement, le module **Qu'est-ce que tu connais?** permet de faire la revue des connaissances au moyen d'un question-

naire.

Conclusion

Sachant que les jeunes sont susceptibles d'être exposés à des niveaux sonores élevés et sachant qu'ils ne sont pas toujours conscients du danger d'une telle exposition, l'outil de sensibilisation «Décibels dangereux - Exposition virtuelle» mérite d'être diffusé aux jeunes pour les conscientiser aux dangers de l'exposition au bruit. Il se veut également une aide pour les éducateurs, les professeurs et les parents qui sont soucieux de la santé auditive des jeunes. **Faites connaître cet outil!**

GOAL:

- ✓ REDUCE NOISE
- ✓ REDUCE WEIGHT
- ✓ REDUCE COST
- ✓ INCREASE CUSTOMER PROFITS



GOAL ACHIEVED.

Blachford specializes in testing, designing and producing quality acoustical materials.

Strategic, fast, flexible and loaded with talent, we bring our customers big-impact solutions. We're a responsive, reliable partner fully committed to continual improvement and well-known for our strengths in technology, innovation and rigorous process.

In the past three years we've saved our customers millions in both costs and in pounds of excess weight. And we've reduced product noise levels an average of 38%. That's something to celebrate.

Featuring state-of-the-art resources and expertise, Blachford is your ideal partner for producing noise control products while improving your bottom line.

Quality Management System
ISO 9001:2000 & ISO/TS 16949

Environmental Management System
Responsible Care (CDN) & ISO 14001 (US)

Laboratory Management System
ISO 17025 for ASTM C423 & SAE J1400

- Engineering
- Designing
- Testing
- Manufacturing

For details call

630.231.8300
or visit us at blachford.com

Blachford



Acoustical Society of America

OFFICE OF THE
STANDARDS SECRETARIAT

Susan Blaeser
Standards Manager

35 Pinelawn Road, Suite 114 E, Melville, NY 11747

Telephone (631) 390-0215
Fax (631) 390-0217
E-mail asastds@aip.org

News Release

For Additional Information Contact:
Susan Blaeser, Acoustical Society of America
(631) 390-0215

New National Standards Released for Acoustics in Permanent and Modular Classrooms

(May 10, 2010) Melville, NY-- When planning or renovating schools' permanent and relocatable buildings, architects and designers can now refer to two new standards that provide important information for creating a healthy acoustic environment.

The Acoustical Society of America, headquartered in Melville, NY, announced the publication of a newly revised, two-part standard that addresses classroom acoustics. These documents are also a valuable resource for school boards, school facilities personnel and parents who need to understand the importance of minimizing distracting noise in the classroom and creating an acoustical environment that is conducive to learning.

These standards represent the consensus of opinion among those with a direct expertise and interest in the subject matter. They were drafted by working groups comprised of experts and stakeholders who volunteered their time to the projects. They were approved by ANSI-Accredited Standards Committee S12, Noise, under operating procedures accredited by the American National Standards Institute (ANSI), a not-for-profit organization that coordinates the development of voluntary consensus standards in the US.

The national standards are now available as a two-part series. The first part, ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1, "*American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools*," is a major revision of ANSI S12.60-2002. The particular issues related to acoustics in relocatable classrooms are addressed in ANSI/ASA S12.60-2009/Part 2, "*American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 2: Relocatable Classroom Factors*."

Thanks to a unique partnership of industry supporters Armstrong Ceiling Systems, Trane, and Owens Corning, ASA is able to offer both standards for download from the ASA online store at no cost to the user. "Every school official in the country can have these useful resources at hand because cost is not a prohibitive factor," said Dr. Paul D. Schomer, ASA's Standards Director.

These standards and many other national and international standards can be obtained in PDF format from the Acoustical Society of America Online Store at: <<http://asa.aip.org>>. Standards may also be ordered by fax or mail from: Acoustical Society of America, 35 Pinelawn Road, Suite 114E, Melville NY 11747-3177, Phone: 631-390-0215, Fax: 631-390-0217, Email: <asastds@aip.org>.

ASA offers the full catalog of ISO/TC 108 Mechanical vibration, shock and condition monitoring, ISO/TC 43 Acoustics, ISO/TC 43/SC 1 Noise, and IEC/TC 29 Electroacoustics standards, as well as a wide range of American National Standards on the topics of Acoustics, Mechanical Vibration and Shock, Bioacoustics, and Noise.

The *American National Standards Institute, Inc.* (ANSI) is the national coordinator of voluntary standards development and the clearinghouse in the USA for information on national and international standards. For more information, visit www.ansi.org.

The *Acoustical Society of America* is a nonprofit organization founded in 1929. It is the premier international scientific society in acoustics, dedicated to increasing and diffusing the knowledge of acoustics and promoting its practical applications. For more information, visit <http://asa.aip.org>.

Canadian Acoustical Association
Minutes of the Board of Directors Meeting
01 May 2010
Toronto, Ontario

Present: Christian Giguère (chair), Stan Dosso, Dalila Giusti, Bradford Gover, Tim Kelsall, Sean Pecknold, Rich Peppin, Roberto Racca, Ramani Ramakrishnan, Frank Russo, Jérémie Voix, Clair Wakefield

Regrets: Hugues Néliste

The meeting was called to order at 10:00 a.m. Minutes of the Board of Directors meeting of 13 October 2009 were approved as published in Canadian Acoustics (December 2009 issue). (*Moved R. Peppin, seconded S. Dosso, carried*).

President's Report

Christian Giguère reported that it has once again been a busy half-year for the CAA.

The main priority remains the transition to online membership and database management capabilities. An online service provider (Membee, formerly IRM) has been contracted to host the database and to deliver services. The first step, migration of the CAA member database onto the Membee server, is underway. Once the transition is complete, this system is expected to simplify and improve the member renewal process, while at the same time reducing the administrative load.

Meanwhile, correspondence with other organizations has been steady, as opportunities for co-sponsorship, partnership, and other initiatives are explored. These activities are part of the ongoing effort to maintain and increase the visibility and relevance of the CAA, and to maximize value for our membership.

Secretary's Report

The new Executive Secretary, Bradford Gover, reported that routine processes of the Association are proceeding.

Routine mailings, bank deposits, annual filings, membership database management and other secretarial operational issues were handled as usual. The secretarial account balance was \$432 as of late-April. Anticipated expenses for the remainder of the fiscal year may exceed the current balance, so a transfer of \$1000 was requested and granted.

Tallied in mid-April, year-on-year membership dropped from 335 to 268. The change is surely due to delayed renewals, in accordance with the instructions to members to wait for the online capability. Organizational subscriptions (direct, indirect, sustaining) are on par with last year.

	Paid as of 30 April 2010	Change from April 2009
Member	163	-64
Emeritus	1	0
Student	43	-1
Sustaining	40	+2
Direct	4	0
Indirect	17	-4
	TOTAL = 268	-67

It was suggested to contact all members who have not yet renewed, to request that they please do so.

A brief discussion of possible changes in membership categories, and how to promote increased membership ensued. Rich Peppin noted continued interest in adding new categories such as Fellow and Life Membership. It was decided that action on these issues would be deferred to after the transition to the new online system.

(*Acceptance of the report moved by T. Kelsall, seconded S. Pecknold, carried.*)

Treasurer's Report

The Treasurer, Dalila Giusti, distributed a brief report summarizing the current financial situation.

Dalila indicated that the CAA finances are in reasonable shape, with nothing new to report. The interest earned on investments is covering award expenses, as planned. At the 2009 Conference, \$8450 was distributed in awards, compared to \$8300 earned in interest.

Dalila reported that there are still difficulties with handling credit card payments, stemming from credit card companies cancelling and replacing cards at a high rate. Combined with the inevitable delay in handling membership forms by mail, follow-up contact with the card holder is sometimes required. Also, it is not clear at this point whether we can continue to process credit cards as we have done in the past. This highlights the need to move as quickly as possible to the online system.

It was also reported that not all revenue generated from advertising in the journal has been collected to date. Efforts are to be made to follow up and receive the outstanding amounts.

(Acceptance of the report moved by F. Russo, seconded R. Peppin, carried.)

Editor's report

Ramani Ramakrishnan reported that production and distribution of the journal *Canadian Acoustics* has been proceeding normally. A special issue on Architectural Acoustics is in the works for sometime within the next year.

Ramani informed the Board that he is planning to step down as Editor in Chief in 3 years time, and would like to use the time until then to assist the transition to a replacement. Any individuals interested in being considered as the next editor are asked to contact Ramani before this fall's meeting in Victoria.

CAA Conferences – Past, Present & Future

2009 Niagara-on-the-Lake: Convener Ramani Ramakrishnan reported that a final report is not yet available, but that the conference was highly successful. There were 125 technical papers presented over the 3 days, with excellent attendance, sponsorship, and exhibition. The room block at the venue was exceeded. The profit from the conference was about \$21,000.

2010 Victoria: Stan Dosso reported that the organization of the conference is on schedule. The venue and logistics are finalized, as are the plenary speakers and many special sessions. Further solicitation for sponsorship and exhibitors will appear in the next Journal issue. Rich Peppin will prepare a form and invitation. Sponsors could consider bags, lanyards, USB keys, etc. Abstracts will be due June 15th, and will be uploaded via the website.

Subsequent meetings: Christian Giguère reported on the continuing difficulty of attracting a convener for Québec City, which is proposed for 2011. He will try again in the next few weeks and get back to the Board. If this falls through, the suggestion was to consider somewhere in the Atlantic Provinces.

INTER-NOISE 2012: CAA has been approached by the organizers of INTER-NOISE 2012, to be held in New York City, to see whether we wish to get involved in some way. Brad Gover will follow up to clarify the offer, and report back to the board.

ICA 2013: CAA is a non-financial co-sponsor for this congress to be held in Montreal. Christian Giguère will remain in close contact with the organizers.

Awards

Frank Russo reported that certificates and cheques for 2009 prizes were sent out, and that the website needs to be updated to list the winners. All award coordinators have agreed to stay on for 2010. The deadline for most 2010 awards has already passed (April 30), and a number of applications have apparently been received.

There was discussion of reducing the value of some awards, for financial reasons. There was also the suggestion of instituting a new award in Architectural Acoustics. Decisions on these matters were deferred to a later meeting.

The issue of a CAA seal or embosser to stamp the awards has been put on hold pending a potential logo redesign.

CAA Website

Sean Pecknold has been routinely updating the website. There is nothing special to report regarding website content, other than the need to keep the membership application page current as the online functionality becomes available.

It was reported that the Reverberation Modeling Workshop is looking to host problems and solutions (i.e., files) on the CAA web space. The board discussed, and there were no objections.

Other Business and Issues

Tim Kelsall reported that with the elimination of CSA Committee Z107 "Acoustics and Noise

Control", most standards under its (former) jurisdiction are moved to another CSA committee. There will be a meeting regarding these acoustical standards on May 19 in Toronto to discuss what to do with Z107.10 and environmental noise standards, as well as liaison with Standards Council advisory committees for relevant ISO TCs. Tim Kelsall will continue to lead this activity on behalf of CAA.

Adjournment

Meeting adjourned at 3:34 pm. (*Moved by J. Voix, seconded S. Pecknold, carried*).

Canadian Acoustical Association
Association Canadienne d'Acoustique

PRIZE ANNOUNCEMENT • ANNONCE DE PRIX



Prize

EDGAR AND MILLICENT SHAW POSTDOCTORAL PRIZE IN ACOUSTICS
ALEXANDER G. BELL GRADUATE STUDENT PRIZE IN SPEECH COMMUNICATION AND HEARING
ECKEL GRADUATE STUDENT PRIZE IN NOISE CONTROL
FESSENDEN GRADUATE STUDENT PRIZE IN UNDERWATER ACOUSTICS
RAYMOND HETU UNDERGRADUATE STUDENT PRIZE IN ACOUSTICS

Prix

PRIX POST-DOCTORAL EDGAR ET MILLICENT SHAW EN ACOUSTIQUE
PRIX ETUDIANT ALEXANDER G. BELL EN COMMUNICATION ORALE ET AUDITION (2^E OU 3^E CYCLE)
PRIX ETUDIANT ECKEL EN CONTROLE DU BRUIT (2^E OU 3^E CYCLE)
PRIX ETUDIANT FESSENDEN EN ACOUSTIQUE SOUS-MARINE (2^E OU 3^E CYCLE)
PRIX ETUDIANT RAYMOND HETU EN ACOUSTIQUE (1^{ER} CYCLE)

**Deadline for Applications:
April 30th 2010**

**Date limite de soumission des demandes:
30 Avril 2010**

Consult CAA website for more information
Consultez le site Internet de l'ACA pour de plus amples renseignements
(<http://www.caa-aca.ca>)

Hand-held Analyzer **Type 2270** for sound and vibration professionals

THE COMPLETE TOOLBOX



MEASUREMENT, ANALYSIS AND RECORDING **RESULTS** IN THE PALM OF YOUR HAND

- Environmental noise assessment
- Noise at work evaluation
- Dual-channel building acoustic measurement
- Product development and quality control
- Machinery vibration measurement with advanced FFT analysis

ONLINE DEMONSTRATIONS

Watch video demonstrations of Type 2270 and its ease-of-use on www.bksv.com/2270

Brüel & Kjær has the world's most comprehensive range of sound and vibration test and measurement systems

BRÜEL & KJÆR | LISTEN... FEEL.. SOLVE.

www.bksv.com/2270

Brüel & Kjær North America Inc. · 2815 A Colonnades Court · Norcross, GA · 30071-1588
Telephone: 770 209 6907 · Fax: 770 448 3246 · www.bkhome.com · bkinfo@bksv.com
HEADQUARTERS: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S · DK-2850 Nærum · Denmark
Telephone: +45 77 41 2000 · Fax: +45 45 80 1405 · www.bksv.com · info@bksv.com
Local representatives and service organisations worldwide

Brüel & Kjær 
Incorporating LDS and Lochar

— THIRD ANNOUNCEMENT —

ACOUSTICS WEEK IN CANADA

Victoria BC, 13-15 October 2010



Local marine bio-acoustic source.

(Photo: Gary Woodburn, Tourism Victoria)

Acoustics Week in Canada 2010, the annual conference of the Canadian Acoustical Association, will be held in Victoria BC on Oct. 13-15, 2010. This is the premier Canadian acoustical symposium, and this year's exceptional waterfront setting on Victoria's beautiful Inner Harbour will make it an event you won't want to miss. The conference will include technical sessions on all areas of acoustics, exciting keynote speakers, a Welcome Reception at the Royal British Columbia Museum, the annual Conference Banquet, an Exhibition of acoustical equipment and services, and more. In keeping with Victoria's ocean setting and the natural beauty of the region, the conference will feature an increased focus in the areas of marine and environmental acoustics.

Venue and Accommodation – The conference will be held at the Laurel Point Inn, a Victoria landmark and the only carbon-neutral hotel in BC (www.laurelpoint.com). As the sole occupant of a small peninsula separating Victoria's Inner and Outer Harbours, surrounded by quiet gardens and ponds and bordering the seawall walkway, the Laurel Point Inn represents an exceptional location on Victoria's historic waterfront. The Inn is located a short walk from all city centre attractions including the Royal BC Museum, Parliament Buildings, Government Street pedestrian mall, and Inner Harbour marina and causeway, as well as the Ogden Point breakwater, Fisherman's Wharf, and Beacon Hill Park. The Inn boasts 200 luxurious guest rooms, each with balcony and harbour views. The state-of-the-art conference facilities are clustered around the glass-enclosed Terrace Ballroom where the Conference Banquet, lunches, and the Exhibition will be held. Participants registering with the hotel before Sept. 12 will receive the special conference room rate of \$109/night (rates available Oct. 10-18, single or double occupancy, including complimentary wireless internet and many other amenities). Staying at this outstanding conference hotel will place you near your colleagues and all conference activities, and help make the meeting a financial success to the benefit of future CAA activities.

Keynote Talks – Plenary sessions will start each day, with keynote talks by Canadian experts on acoustics topics of wide interest including: Christine Erbe (JASCO) *The Marine Soundscape*, Murray Hodgson (UBC) *Acoustical Environments in 'Green' Buildings*, and Garry Heard (DRDC-A) *Canadian Arctic Acoustics Research*.



Inner Harbour and Parliament Buildings at dusk.

(Photo: Tyler Ahlgren, Tourism Victoria)



Ogden Point breakwater—a great place for a stroll.

(Photo: Richard Funnell, Tourism Victoria)



Laurel Point Inn and Terrace Ballroom.

Technical Sessions – Technical sessions will be organized in all areas of acoustics, including the following:

- Acoustic Signal Processing
- Architectural and Classroom Acoustics
- Bio-Acoustics and Biomedical Acoustics
- Hearing Sciences and Auditory Applications
- Musical Acoustics
- Ocean and Seabed Acoustics
- Noise Control
- Physical Acoustics and Ultrasonics
- Soundscapes
- Speech Production and Perception
- Transport Vehicle Noise

Exhibition and Sponsorship – The conference will include an Exhibition of acoustical equipment, products, and services on Thursday 14 Oct. 2010. If you or your company are interested in participating in the Exhibition or in sponsoring conference social events and/or sessions, which presents excellent promotional opportunities, please contact the Exhibition Coordinator.

Social Events – A Welcome Reception will be held Wednesday, Oct. 13 in the dramatic First Peoples Gallery at the renowned Royal British Columbia Museum, a short harbour-side walk from the hotel. Thursday evening is the traditional CAA Banquet and Awards Ceremony which will feature outstanding cuisine with a West Coast flair and local entertainment.

Courses/Seminars – If you would like to offer a course/seminar in association with Acoustics Week in Canada, please contact the Conference Chair. Assistance can be provided in accommodating such an event, but it must be self-sufficient.

Student Participation – Student participation is strongly encouraged. Travel subsidies and reduced registration fees are available. A hotel room sharing program will be organized to reduce costs. Student presenters are eligible to win prizes for the best presentations at the conference.

Paper Submission – The abstract deadline is 15 June 2010. Two-page summaries for publication in the proceedings issue of *Canadian Acoustics* are due 2 August 2010. Details will be given on the conference website.

Registration – Details of registration fees and the registration form will be available soon at the conference website. Early registration at a reduced fee is available until 12 September 2010.



Totem Hall, First Peoples Gallery in Royal BC Museum (Photo: RBCM)

Local Organizing Committee

- Conference Chair: Stan Dosso [sdosso@uvic.ca]
- Technical Chair: Roberto Racca [roberto.racca@jasco.com]
- Exhibition: Clair Wakefield [clair@wakefieldacoustics.com]
- Treasurer: Lara Berg [lara.berg@jasco.com]
- Secretary: Michael Wilmut [mjwilmut@uvic.ca]
- Registration: Lori Robson [lori@wakefieldacoustics.com]
- Website: Brendan Rideout [brendan.rideout@gmail.com]

Conference Website: www.caa-aca.ca

— TROISIÈME ANNONCE —

SEMAINE CANADIENNE D'ACOUSTIQUE

Victoria CB, 13-15 Octobre 2010



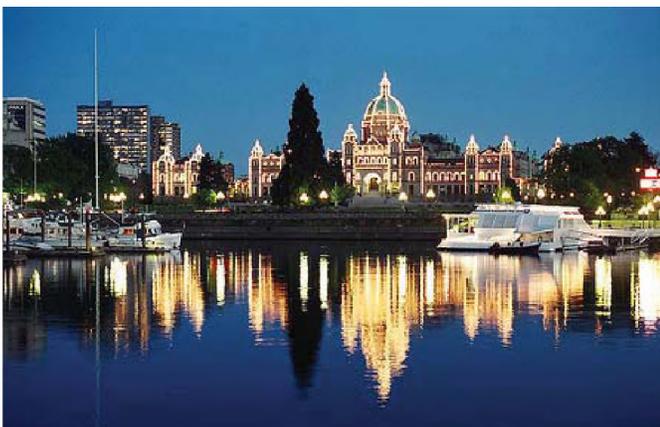
Source bio-acoustique locale.

(Photo: Gary Woodburn, Tourism Victoria)

La Semaine Canadienne d'Acoustique 2010, la conférence annuelle de l'Association Canadienne d'Acoustique, va prendre place à Victoria CB du 13 au 15 Octobre 2010. C'est le principal symposium d'acoustique canadienne, et l'exceptionnel bord de mer donnant sur le magnifique port nautique de Victoria en fera cette année un évènement que vous ne voudrez pas manquer. La conférence inclura des sessions techniques dans tous les domaines de l'acoustique, des conférenciers d'honneur excitants, une cérémonie de bienvenue au Musée Royal de la Colombie Britannique, le banquet de la conférence, une exposition d'équipements et services acoustiques, et bien plus encore. Etant donné l'environnement océanique de Victoria et la beauté naturelle de la région, la conférence va se distinguer par un intérêt accentué pour les domaines de l'acoustique marine et environnementale.

Centre de conférence et Logement – La conférence va prendre place à l'hôtel Laurel Point Inn, www.laurelpoint.com, un hôtel de Victoria bien renommé et le seul en Colombie Britannique au bilan carbone neutre. Le Laurel Point Inn est un endroit exceptionnel sur le front de mer de Victoria. Il est l'unique occupant d'une petite péninsule séparant le port en deux, entouré de jardins et étangs silencieux, et idéalement situé le long de la promenade de la digue. L'hôtel est à quelques minutes à pied de toutes les attractions du centre-ville, incluant le Musée Royal de Colombie-Britannique, les Bâtiments Parlementaires, les magasins de Government Street, la Marina de l'Arrière-port, ainsi que la jetée de Pointe Ogden, le Quai des Pêcheurs, et le Parc de Beacon Hill. L'hôtel offre 200 chambres luxueuses, chacune avec balcon et vue sur le port. Les salles de conférence haut-de-gamme sont regroupées autour de la terrasse vitrée de la salle de bal où le banquet de la conférence et les déjeuners prendront place. Les participants réservant l'hôtel avant le 12 Sept. recevront un tarif préférentiel de \$109/nuit (prix disponibles du 10-18 Oct., occupation simple ou double, incluant la connexion internet sans fil et pleins d'autres avantages). Rester à cet hôtel extraordinaire va vous placer prêt de vos collègues et de toutes les activités de la conférence, et va contribuer à faire de cette réunion un succès financier pour le bénéfice des activités futures de l'ACA.

Présentations d'honneur – Chaque jour débutera par une session plénière avec des présentations invitées d'experts canadiens sur des sujets en acoustique d'intérêt général incluant: Christine Erbe (JASCO), *L'environnement sonore sous-marin*, Murray Hodgson (UBC) *L'environnement acoustique des bâtiments verts*, et Garry Heard (DRDC-A) *Recherche en acoustique dans l'Arctique Canadien*.



Arrière-port et Bâtiments Parlementaires au crépuscule. (Photo: Tyler Ahlgren, Tourism Victoria)



Jetée de Pointe Ogden—un magnifique endroit pour se promener. (Photo: Richard Funnell, Tourism Victoria)



Hôtel Laurel Point et Terrasse vitrée.

Sessions Techniques – Des sessions techniques seront organisées dans tous les domaines de l'acoustique, incluant:

- Traitement de Signal Acoustique
- Acoustique Architecturale et Acoustique des Salles de Classes
- Bio-Acoustique et Acoustique Biomédicale
- Sciences de l'Audition et Applications Auditives
- Acoustique Musicale
- Acoustique Océanique et Benthique
- Contrôle de Bruit
- Acoustique Physique et Ultrasonore
- Paysages Sonores
- Production et Perception du Langage
- Bruit des Véhicules de Transport

Exposition et Commandite – La conférence inclura une exposition d'équipements, produits et services acoustiques, qui prendra place le jeudi 14 Oct. 2010. Si vous ou votre entreprise êtes intéressés à participer à l'exposition ou à commander les événements sociaux et/ou les sessions de la conférence, ce qui vous permettra d'excellentes opportunités promotionnelles, contactez le coordinateur de l'exposition.

Activités – Une réception de bienvenue aura lieu dans la magnifique Galerie des Peuples Premiers du Musée Royal de la Colombie-Britannique située à quelques minutes à pied de l'hôtel en passant par le front de mer. Jeudi soir se tiendra le traditionnel banquet et cérémonie de remise des prix de l'ACA, ou vous pourrez déguster l'extraordinaire cuisine façon Côte-Ouest et profiter d'animations locales.

Participation Etudiante – La participation étudiante est fortement encouragée. Des indemnités de voyages et des frais réduits d'inscription seront disponibles. Un programme de partage de chambres d'hôtel sera organisé pour réduire les coûts. Les étudiants donnant une présentation sont éligibles pour gagner des prix pour les meilleures présentations de la conférence.

Soumission d'Article – L'échéance pour la soumission des résumés est le 15 Juin 2010. Les résumés de deux pages pour publication dans le numéro d'actes de conférence d'*Acoustique Canadienne* sont dus le 2 août 2010. Les détails seront donnés sur le site internet de la conférence.

Inscription – Les détails sur les frais et formulaires d'inscription seront bientôt disponibles sur le site internet de la conférence. Les pré-inscriptions à prix réduits sont disponibles jusqu'au 12 septembre 2010.



Totem Hall, Galerie des Peuples Premiers du Royal BC Museum (Photo: RBCM)

Comité Local d'Organisation

- Président de la Conférence: Stan Dosso [sdosso@uvic.ca]
- Président Technique: Roberto Racca [roberto.racca@jasco.com]
- Exposition: Clair Wakefield [clair@wakefieldacoustics.com]
- Trésorier: Lara Berg [lara.berg@jasco.com]
- Secrétaire: Michael Wilmot [mjwilmot@uvic.ca]
- Inscription: Lori Robson [lori@wakefieldacoustics.com]
- Website: Brendan Rideout [Brendan.rideout@gmail.com]

Site web de la conférence: www.caa-aca.ca

EDITORIAL BOARD / COMITÉ EDITORIAL

ARCHITECTURAL ACOUSTICS: ACOUSTIQUE ARCHITECTURALE:	Vacant		
ENGINEERING ACOUSTICS / NOISE CONTROL: GÉNIE ACOUSTIQUE / CONTROLE DU BRUIT:	Colin Novak	University of Windsor	(519) 253-3000
PHYSICAL ACOUSTICS / ULTRASOUND: ACOUSTIQUE PHYSIQUE / ULTRASONS:	Werner Richarz	Aeroustics	(416) 249-3361
MUSICAL ACOUSTICS / ELECTROACOUSTICS: ACOUSTIQUE MUSICALE / ELECTROACOUSTIQUE:	Annabel Cohen	University of P. E. I.	(902) 628-4331
PSYCHOLOGICAL ACOUSTICS: PSYCHO-ACOUSTIQUE:	Annabel Cohen	University of P. E. I.	(902) 628-4331
PHYSIOLOGICAL ACOUSTICS: PHYSIO-ACOUSTIQUE:	Robert Harrison	Hospital for Sick Children	(416) 813-6535
SHOCK / VIBRATION: CHOCS / VIBRATIONS:	Li Cheng	Université de Laval	(418) 656-7920
HEARING SCIENCES: AUDITION:	Kathy Pichora-Fuller	University of Toronto	(905) 828-3865
HEARING CONSERVATION: Préservation de L'Ouïe:	Alberto Behar	A. Behar Noise Control	(416) 265-1816
SPEECH SCIENCES: PAROLE:	Linda Polka	McGill University	(514) 398-4137
UNDERWATER ACOUSTICS: ACOUSTIQUE SOUS-MARINE:	Garry Heard	DRDC Atlantic	(902) 426-3100
SIGNAL PROCESSING / NUMERICAL METHODS: TRAITMENT DES SIGNAUX / METHODES NUMERIQUES:	David I. Havelock	N. R. C.	(613) 993-7661
CONSULTING: CONSULTATION:	Corjan Buma	ACI Acoustical Consultants Inc.	(780) 435-9172
BIO-ACOUSTICS BIO-ACOUSTIQUE	Jahan Tavakkoli	Ryerson University	(416) 979-5000
ADVISOR: MEMBER CONSEILLER:	Sid-Ali Meslioui	Pratt & Whitney Canada	(450) 647-7339

For
Digital Recorders

Introducing

For
USB A/D Systems

PHANTOM POWER

7052PH

Measurement Mic System

7052H Type 1.5™

Titanium Diaphragm

3Hz to >20 kHz

<20 dBA > 140 dBSPL

MK224 (<14 dBA to >134 dBSPL) Optional

4048 Preamp

Superior
IEC 1094 Type 1
Long-term Stability
Temperature and Humidity
Performance

Now in Stock

**Phantom
to IEPE/ICP
Adaptor
Supplies 3-4 mA
Power
Accelerometers
Microphones**

ICP1248

A **B**
C **e**
O **s**
u **s**
S **w**
t **i**
i **t**
c **h**
S **A**
O **C**
O **C**



**MATT™
Family**

Mic Attenuator

Handle Higher Sound Pressure Levels

ACO Pacific, Inc., 2604 Read Ave., Belmont, CA 94002

Tel: (650) 595-8588 FAX: (650) 591-2891 E-Mail: sales@acopacific.com

Web Site: www.acopacific.com

TM

INSTRUCTIONS TO AUTHORS FOR THE PREPARATION OF MANUSCRIPTS

Submissions: The original manuscript and two copies should be sent to the Editor-in-Chief.

General Presentation: Papers should be submitted in camera-ready format. Paper size 8.5" x 11". If you have access to a word processor, copy as closely as possible the format of the articles in *Canadian Acoustics* 18(4) 1990. All text in Times-Roman 10 pt font, with single (12 pt) spacing. Main body of text in two columns separated by 0.25". One line space between paragraphs.

Margins: Top - title page: 1.25"; other pages, 0.75"; bottom, 1" minimum; sides, 0.75".

Title: Bold, 14 pt with 14 pt spacing, upper case, centered.

Authors/addresses: Names and full mailing addresses, 10 pt with single (12 pt) spacing, upper and lower case, centered. Names in bold text.

Abstracts: English and French versions. Headings, 12 pt bold, upper case, centered. Indent text 0.5" on both sides.

Headings: Headings to be in 12 pt bold, Times-Roman font. Number at the left margin and indent text 0.5". Main headings, numbered as 1, 2, 3, ... to be in upper case. Sub-headings numbered as 1.1, 1.2, 1.3, ... in upper and lower case. Sub-sub-headings not numbered, in upper and lower case, underlined.

Equations: Minimize. Place in text if short. Numbered.

Figures/Tables: Keep small. Insert in text at top or bottom of page. Name as "Figure 1, 2, ..." Caption in 9 pt with single (12 pt) spacing. Leave 0.5" between text.

Line Widths: Line widths in technical drawings, figures and tables should be a minimum of 0.5 pt.

Photographs: Submit original glossy, black and white photograph.

Scans: Should be between 225 dpi and 300 dpi. Scan: Line art as bitmap tiffs; Black and white as grayscale tiffs and colour as CMYK tiffs;

References: Cite in text and list at end in any consistent format, 9 pt with single (12 pt) spacing.

Page numbers: In light pencil at the bottom of each page. Reprints: Can be ordered at time of acceptance of paper.

DIRECTIVES A L'INTENTION DES AUTEURS PREPARATION DES MANUSCRITS

Soumissions: Le manuscrit original ainsi que deux copies doivent être soumis au rédacteur-en-chef.

Présentation générale: Le manuscrit doit comprendre le collage. Dimensions des pages, 8.5" x 11". Si vous avez accès à un système de traitement de texte, dans la mesure du possible, suivre le format des articles dans l'*Acoustique Canadienne* 18(4) 1990. Tout le texte doit être en caractères Times-Roman, 10 pt et à simple (12 pt) interligne. Le texte principal doit être en deux colonnes séparées d'un espace de 0.25". Les paragraphes sont séparés d'un espace d'une ligne.

Marges: Dans le haut - page titre, 1.25"; autres pages, 0.75"; dans le bas, 1" minimum; latérales, 0.75".

Titre du manuscrit: 14 pt à 14 pt interligne, lettres majuscules, caractères gras. Centré.

Auteurs/adresses: Noms et adresses postales. Lettres majuscules et minuscules, 10 pt à simple (12 pt) interligne. Centré. Les noms doivent être en caractères gras.

Sommaire: En versions anglaise et française. Titre en 12 pt, lettres majuscules, caractères gras, centré. Paragraphe 0.5" en alinéa de la marge, des 2 cotés.

Titres des sections: Tous en caractères gras, 12 pt, Times-Roman. Premiers titres: numéroter 1, 2, 3, ..., en lettres majuscules; sous-titres: numéroter 1.1, 1.2, 1.3, ..., en lettres majuscules et minuscules; sous-sous-titres: ne pas numéroter, en lettres majuscules et minuscules et soulignés.

Equations: Les minimiser. Les insérer dans le texte si elles sont courtes. Les numéroter.

Figures/Tableaux: De petites tailles. Les insérer dans le texte dans le haut ou dans le bas de la page. Les nommer "Figure 1, 2, 3,..." Légende en 9 pt à simple (12 pt) interligne. Laisser un espace de 0.5" entre le texte.

Largeur Des Traits: La largeur des traits sur les schémas technique doivent être au minimum de 0.5 pt pour permettre une bonne reproduction.

Photographies: Soumettre la photographie originale sur papier glacé, noir et blanc.

Figures Scanées: Doivent être au minimum de 225 dpi et au maximum de 300 dpi. Les schémas doivent être scannés en bitmaps tif format. Les photos noir et blanc doivent être scannées en échelle de gris tifs et toutes les photos couleurs doivent être scannées en CMYK tifs.

Références: Les citer dans le texte et en faire la liste à la fin du document, en format uniforme, 9 pt à simple (12 pt) interligne.

Pagination: Au crayon pâle, au bas de chaque page. Tirés-à-part: Ils peuvent être commandés au moment de l'acceptation du manuscrit.



Application for Membership

CAA membership is open to all individuals who have an interest in acoustics. Annual dues total \$80.00 for individual members and \$35.00 for Student members. This includes a subscription to *Canadian Acoustics*, the Association's journal, which is published 4 times/year. New membership applications received before August 31 will be applied to the current year and include that year's back issues of *Canadian Acoustics*, if available. New membership applications received after August 31 will be applied to the next year.

Subscriptions to *Canadian Acoustics* or Sustaining Subscriptions

Subscriptions to *Canadian Acoustics* are available to companies and institutions at the institutional subscription price of \$80.00. Many companies and institutions prefer to be a Sustaining Subscriber, paying \$350.00 per year, in order to assist CAA financially. A list of Sustaining Subscribers is published in each issue of *Canadian Acoustics*. Subscriptions for the current calendar year are due by January 31. New subscriptions received before August 31 will be applied to the current year and include that year's back issues of *Canadian Acoustics*, if available.

Please note that electronic forms can be downloaded from the CAA Website at caa-aca.ca

Address for subscription / membership correspondence:

Name / Organization _____
 Address _____
 City/Province _____ Postal Code _____ Country _____
 Phone _____ Fax _____ E-mail _____

Address for mailing *Canadian Acoustics*, if different from above:

Name / Organization _____
 Address _____
 City/Province _____ Postal Code _____ Country _____

Areas of Interest: (Please mark 3 maximum)

- | | | |
|--|---|---|
| 1. Architectural Acoustics | 5. Psychological / Physiological Acoustic | 9. Underwater Acoustics |
| 2. Engineering Acoustics / Noise Control | 6. Shock and Vibration | 10. Signal Processing / Numerical Methods |
| 3. Physical Acoustics / Ultrasound | 7. Hearing Sciences | 11. Other |
| 4. Musical Acoustics / Electro-acoustics | 8. Speech Sciences | |

For student membership, please also provide:

(University)

(Faculty Member)

(Signature of Faculty Member)

(Date)

I have enclosed the indicated payment for:

- CAA Membership \$ 80.00
 CAA Student Membership \$ 35.00

Payment by: Cheque
 Money Order
 Credit Card (Indicate VISA or M/C)

Corporate Subscriptions:

- \$80 including mailing in Canada
 \$88 including mailing to USA,
 \$95 including International mailing

Credit card number _____

Name on card _____

Expiry date _____

- Sustaining Subscriber \$350.00
 includes subscription (4 issues /year)
 to *Canadian Acoustics*.

(Signature)

(Date)

Mail application and attached payment to:

Executive Secretary, Canadian Acoustical Association, PO Box 74068, Ottawa, Ontario, K1M 2H9, Canada



Formulaire d'adhésion

L'adhésion à l'ACA est ouverte à tous ceux qui s'intéressent à l'acoustique. La cotisation annuelle est de 80.00\$ pour les membres individuels, et de 35.00\$ pour les étudiants. Tous les membres reçoivent ***l'Acoustique Canadienne***, la revue de l'association. Les nouveaux abonnements reçus avant le 31 août s'appliquent à l'année courante et incluent les anciens numéros (non-épuisés) de ***l'Acoustique Canadienne*** de cette année. Les nouveaux abonnements reçus après le 31 août s'appliquent à l'année suivante.

Abonnement pour la revue *Acoustique Canadienne* et abonnement de soutien

Les abonnements pour la revue ***Acoustique Canadienne*** sont disponibles pour les compagnies et autres établissements au coût annuel de 80.00\$. Des compagnies et établissements préfèrent souvent la cotisation de membre bienfaiteur, de 350.00\$ par année, pour assister financièrement l'ACA. La liste des membres bienfaiteurs est publiée dans chaque issue de la revue ***Acoustique Canadienne***. Les nouveaux abonnements reçus avant le 31 août s'appliquent à l'année courante et incluent les anciens numéros (non-épuisés) de ***l'Acoustique Canadienne*** de cette année. Les nouveaux abonnements reçus après le 31 août s'appliquent à l'année suivante.

Pour obtenir des formulaires électroniques, visitez le site Web: caa-aca.ca

Pour correspondance administrative et financière:

Nom / Organisation _____
 Adresse _____
 Ville/Province _____ Code postal _____ Pays _____
 Téléphone _____ Téléc. _____ Courriel _____

Adresse postale pour la revue *Acoustique Canadienne*

Nom / Organisation _____
 Adresse _____
 Ville/Province _____ Code postal _____ Pays _____

Cocher vos champs d'intérêt: (maximum 3)

- | | | |
|---|-------------------------------|--|
| 1. Acoustique architecturale | 5. Physio / Psycho-acoustique | 9. Acoustique sous-marine |
| 2. Génie acoustique / Contrôle du bruit | 6. Chocs et vibrations | 10. Traitement des signaux / Méthodes numériques |
| 3. Acoustique physique / Ultrasons | 7. Audition | 11. Autre |
| 4. Acoustique musicale / Electro-acoustique | 8. Parole | |

Prière de remplir pour les étudiants et étudiantes:

 (Université) (Nom d'un membre du corps professoral) (Signature du membre du corps professoral) (Date)

Cocher la case appropriée:

- Membre individuel 80.00 \$
 Membre étudiant(e) 35.00 \$

Abonnement institutionnel

- 80 \$ à l'intérieur du Canada
 88 \$ vers les États-Unis
 95 \$ tout autre envoi international
 Abonnement de soutien 350.00 \$
 (comprend l'abonnement à ***l'Acoustique Canadienne***)

Méthode de paiement:

- Chèque au nom de l'Association Canadienne d'Acoustique
 Mandat postal
 VISA ou M/C (Indiquez)

Numéro carte de crédit _____

Nom sur la carte _____

Date d'expiration _____

Prière d'attacher votre paiement au formulaire d'adhésion. Envoyer à :

Secrétaire exécutif, Association Canadienne d'Acoustique, CP 74068, Ottawa, K1M 2H9, Canada

 (Signature)

 (Date)

The Canadian Acoustical Association l'Association Canadienne d'Acoustique



PRESIDENT PRÉSIDENT

Christian Giguère
Université d'Ottawa
Ottawa, Ontario
V8W 3P6
(613) 562-5800 x4649
cgiguere@uottawa.ca

PAST PRESIDENT PRÉSIDENT SORTANT

Stan Dosso
University of Victoria
Victoria, British Columbia
V8W 3P6
(250) 472-4341
sdosso@uvic.ca

EXECUTIVE SECRETARY SECRÉTAIRE EXÉCUTIF

Bradford N. Gover
P. O. Box 74068
Ottawa, Ontario
K1M 2H9
(613) 993-7985
Brad.gover@nrc-cnrc.gc.ca

TREASURER TRÉSORIER

Dalila Giusti
Jade Acoustics
411 Confederation Parkway, Unit 19
Concord, Ontario
L4K 0A8
(905) 660-2444
dalila@jadeacoustics.com

EDITOR-IN-CHIEF RÉDACTEUR EN CHEF

Ramani Ramakrishnan
Dept. of Architectural Science
Ryerson University
350 Victoria Street
Toronto, Ontario
M5B 2K3
(416) 979-5000 #6508
rramakri@ryerson.ca
ramani@aiolos.com

WORLD WIDE WEB HOME PAGE: <http://www.caa-aca.ca>

Sean Pecknold
(902) 426-3100

ASSISTANT EDITOR RÉDACTEUR ADJOINT

Ralph Baddour
Department of Medical Biophysics
University of Toronto
rbaddour@uhnres.utoronto.ca

DIRECTORS DIRECTEURS

Tim Kelsall
(905) 403-3932
tkelsall@hatch.ca

Richard Peppin
(410) 290-7726
peppinr@scantekinc.com

Jérémie Voix
(514) 932-2674
voix@caa-aca.ca

Hugues Nelisse
(514) 288-1551 x221
Hugues.nelisse@irsst.qc.ca

Robert Racca
(250) 483-3300
rob@jasco.com

Clair Wakefield
(250) 370-9302
nonoise@shaw.ca

Sean Pecknold
(902) 426-3100
sean.pecknold@drdc-rddc.gc.ca

Frank Russo
(416) 979-5000 ext. 2647
russo@caa-aca.ca

SUSTAINING SUBSCRIBERS / ABONNES DE SOUTIEN

The Canadian Acoustical Association gratefully acknowledges the financial assistance of the Sustaining Subscribers listed below. Their annual donations (of \$350.00 or more) enable the journal to be distributed to all at a reasonable cost.

L'Association Canadienne d'Acoustique tient à témoigner sa reconnaissance à l'égard de ses Abonnés de Soutien en publiant ci-dessous leur nom et leur adresse. En amortissant les coûts de publication et de distribution, les dons annuels (de \$350.00 et plus) rendent le journal accessible à tous nos membres.

ACI Acoustical Consultants Inc.

Mr. Steven Bilawchuk - (780) 414-6373
stevenb@aciacoustical.com - Edmonton, AB

ACOUSTIKALAB Inc.

Jean Laporte - (514) 692-1147
jlaporte@acoustikalab.com - Montréal, QC

Bruel & Kjaer North America Inc.

Mr. Andrew Khoury - (514) 695-8225
andrew.khoury@bksv.com
Pointe-Claire, QC

Dessau Inc.

Jacques Boilard - (418) 839-6034
jacques.boilard@dessau.com - Lévis, QC

H.L. Blachford Ltd.

Mr. Dalton Prince - (905) 823-3200
amsales@blachford.ca - Mississauga, ON

Hydro-Quebec TransEnergie

M. Blaise Gosselin - (514) 879-4100 ext 5309
Gosselin.Blaise@hydro.qc.ca - Montréal, QC

J.L.Richards & Assoc. Ltd.

Mr. Terry Vivyurka, P.Eng. - (613) 728-3571
mail@jlrichards.ca - Ottawa, ON

Mc SQUARED System Design Group

Mr. Wade McGregor - (604) 986-8181
info@mcsquared.com - North Vancouver, BC

OZA Inspections Ltd.

(800) 664-8263x25; FAX: (905) 945-3942
oza@ozagroup.com - Grimsby, ON

RWDI AIR Inc.

(519) 823-1311; FAX: (519) 823-1316
peter.vandelden@rwdi.com - Guelph, ON

SILEX Innovations Inc.

Mr. Mehmoood Ahmed - (905) 612-4000
mehmooda@silex.com - Mississauga, ON

Sound & Vibration Solutions Canada

Mr. Andy Metelka - (519) 853-4495
ametelka@cogeco.ca - Acton, ON

State of the Art Acoustik Inc.

Dr. C. Fortier - (613) 745-2003
sota@sota.ca - Ottawa, ON

True Grit Consulting Ltd.

Ina Chomyshyn - (807) 626-5640
ina@tgcl.ca - Thunder Bay, ON

Wakefield Acoustics Ltd.

Mr. Clair Wakefield - (250) 370-9302
clair@wakefieldacoustics.com - Victoria, BC

XSCALA Sound & Vibration

Jim Ulicki - (403) 274-7577
info@XSCALA.COM - Calgary, AB

ACO Pacific Inc.

Mr. Noland Lewis - (650) 595-8588
acopac@acopacific.com - Belmont, CA

AECOM

Frank Babic - (905) 747-7411
frank.babic@aecom.com - Markham, ON

Conestoga-Rovers & Associates

Tim Wiens - (519) 884-0510 x2352
twiens@craworld.com - Waterloo, ON

Eckel Industries of Canada Ltd.

(613) 543-2967
eckel@eckel.ca - Morrisburg, ON

Hatch Associates Ltd.

Mr. Tim Kelsall - (905) 403-3932
tkelsall@hatch.ca - Mississauga, ON

Integral DX Engineering Ltd.

Mr. Greg Clunis - (613) 761-1565
greg@integraldxengineering.ca - Ottawa, ON

Jade Acoustics Inc.

Ms. Dalila Giusti - (905) 660-2444
dalila@jadeacoustics.com - Concord, ON

MJM Conseillers en Acoustique Inc.

MJM Acoustical Consultants Inc.
M. Michel Morin - (514) 737-9811
mmorin@mjm.qc.ca - Montréal, QC

Peutz & Associés

M. Marc Asselineau +33 1 45230500
m.asselineau@peutz.fr
Paris, FRANCE

Scantek Inc.

(410)-290-7726; FAX: (410) 290-9167
peppinr@scantekinc.com - Columbia, MD

SNC-Lavalin Environment Inc.

M. Jean-Luc Allard - (450) 651-6710
jeanluc.allard@snclavalin.com - Longueuil, QC

Soundtrap Inc.

Roger Foulds - (705) 357-1067
roger@soundtrap.ca - Sunderland, ON

Swallow Acoustic Consultants Ltd.

Mr. John Swallow - (905) 271-7888,
jswallow@jsal.ca - Mississauga, ON

Valcoustics Canada Ltd.

Dr. Al Lightstone - (905) 764-5223
solutions@valcoustics.com
Richmond Hill, ON

West Caldwell Calibration Labs

Mr. Stanley Christopher - (905) 595-1107
info@wccl.com - Brampton, ON

Acoustec Inc.

Dr. J.G. Migneron - (418) 834-1414
courrier@acoustec.qc.ca - St-Nicolas, QC

Aercoustics Engineering Ltd.

Mr. John O'Keefe - (416) 249-3361
johno@aercoustics.com - Toronto, ON

Dalimar Instruments Inc.

Mr. Daniel Larose - (514) 424-0033
daniel@dalimar.ca - Vaudreuil-Dorion, QC

ECORE International

Mr. Paul Downey - (416) 440-1094
pcd@ecoreintl.com - Toronto, ON

HGC Engineering Ltd.

Mr. Bill Gastmeier - (905) 826-4044
bgastmeier@hgcengineering.com
Mississauga, ON

J.E. Coulter Associates Ltd.

Mr. John Coulter - (416) 502-8598
jcoulter@on.aibn.com - Toronto, ON

JASCO Research Ltd.

(902) 405-3336; FAX: (902) 405-3337
scott@jasco.com - Halifax, NS

Owens-Corning Canada Inc.

Mr. Salvatore Ciarlo - (800) 988-5269
salvatore.ciarlo@owenscorning.com -
St. Leonard, QC

Pyrok Inc.

Mr. Howard Podolsky - (914) 777-7770
info@pyrokinc.com - Mamaroneck, NY

Sensor Technology Limited

Niru Somayajula, (705) 444-1440
techsupport@sensortech.ca
Collingwood, ON

Soft dB Inc.

M. André L'Espérance - (418) 686-0993
contact@softdb.com - Sillery, QC

Spaarg Engineering Ltd.

Dr. Robert Gaspar - (519) 972-0677
gasparr@kelcom.igs.net - Windsor, ON

Tacet Engineering Ltd.

Dr. M.P. Sacks - (416) 782-0298,
mal.sacks@tacet.ca - Toronto, ON

Vibro-Acoustics

Mr. Tim Charlton - (800) 565-8401
tcharlton@vibro-acoustics.com
Scarborough, ON

Wilrep Ltd.

Mr. Don Wilkinson - (905) 625-8944
info@wilrep.com - Mississauga, ON