

canadian acoustics

acoustique canadienne

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

JUNE 2009
Volume 37 -- Number 2

JUIN 2009
Volume 37 -- Numéro 2

EDITORIAL / ÉDITORIAL	1
TECHNICAL ARTICLES AND NOTES / ARTICLES ET NOTES TECHNIQUES	
Effets du débit sur les paramètres acoustiques et temporels du signal de parole <i>L. Falek, R. Djeradi, et A. Djeradi</i>	3
Assessing the field impact sound insulation provided by floor coverings in concrete condominium buildings <i>Michel Morin</i>	21
Tube wave analysis of buried pipes <i>N. M. Alam Chowdhury, Z. Liao, L. Zhao and C. T. Yang</i>	25
Effects of acoustic interaction between the subglottic and supraglottic cavities of the human phonatory system <i>Djeradi Rachida and Djeradi Amar</i>	37
Other Features / Autres Rubriques	
Reviews / Revue	44
Minutes of CAA Directors' Meeting / Compte rendu de la réunion des directeurs de l'ACA	48
What is New in Acoustics in Canada?	52
Canadian News - Acoustics Week in Canada 2009 / Semaine Canadienne d'acoustique 2009	54



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 preceeding the issue month. Copyright on articles is held by the author(s), who should be contacted regarding reproduction. Annual subscription: \$30 (student); \$70 (individual, institution); \$300 (sustaining - see back cover). Back issues (when available) may be obtained from the CAA Secretary - price \$10 including 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: \$30 (étudiant); \$70 (individuel, société); \$300 (soutien - voir la couverture arrière). D'anciens numéros (non-épuisés) peuvent être obtenus du Secrétaire de l'ACA - prix: \$10 (affranchissement inclus). 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

Chantai 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: claroche@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
Sonomax Hearing Healthcare Inc
8375 Mayrand Street
Montréal, QC, H4P 2E2, Canada
Tel: (514) 932-2674
Fax: (514) 932-4994
E-mail: jvoix@sonomax.com

EDITORIAL / ÉDITORIAL

Spring is finally here! Along with the nice weather, the June issue of your favourite journal returns! This year again it's my privilege to introduce the issue with a French twist. I admit that we must "twist the arms" of a few French colleagues to succeed in publishing some articles in French. I therefore yet again take this opportunity to solicit manuscripts from our national and international colleagues. Add the following entry to your to-do-list: write an article for submission to Canadian Acoustics in fall 2009 for review in winter 2010 and publication in June 2010! You've officially been invited, so start drawing some ink... or should I rather say start typing!

In this issue, you can read an article stemming from a Canada-China collaboration, one from a Montreal colleague and, last but not least, two articles from Algeria. To satisfy all tastes, diverse topics are covered, ranging from sound transmission inside buried pipes, soundproofing of concrete floors in condominiums buildings and the human vocal apparatus, to the effects of speech rate on the acoustic parameters of speech. You'll also get to enjoy a very special "book review". It targets a bilingual DVD ("La surdité nous suit partout" / "Hearing loss follows us everywhere") designed to raise awareness of the effects of occupational noise. For having used it myself during classroom teachings and in various presentations, I can tell you it's a gem of a tool and definitively worth a look!

Good news, bad news! On the more gloomy side of things we've recently learned that, as part of the Government of Canada strategic review process, the National Research Council Canada (NRC) is shutting down the Acoustics and Signal Processing division of the Institute for Microstructural Sciences. According to Gilles Daigle, a colleague affected by this change, many of the employees concerned will likely be reassigned to other NRC divisions. The recession is all-pervading and has unfortunately yielded unexpected outcomes in acoustics. Such shocking news is especially upsetting since Canada actually cannot pride itself as being the most active country in acoustics, despite countless needs. We therefore wish luck to those affected by the news and are confident that they will quickly relocate in other divisions or in the private sector. Who knows, some may even seek early retirement!

Last but not least, if you haven't already done so, don't forget to register for the association's annual conference, which will be held this year in beautiful Niagara on the Lake on October 14-16th. The deadline for abstract submission is June 1st. For any information regarding this event or the association, please visit the Canadian Acoustical Association's website (<http://www.caa-aca.ca/F/index.htm>).

Enjoy your reading and have a great summer!

Chantal Laroche
Associate Editor

Le printemps nous fait un clin d'œil depuis quelques semaines! Avec le retour du temps plus chaud, vous arrive le numéro de juin de votre journal préféré! Encore cette année, j'ai le privil ge de signer cet éditorial qui se veut à saveur francophone. Je dois vous avouer qu'il faut « tirer l'oreille » de nos auteurs francophones pour réussir à publier des articles en français. Je lance un appel, encore une fois, à nos collègues de la francophonie canadienne et internationale. Inscrivez le mandat suivant à votre agenda :  crire un article pour l'Acoustique Canadienne à l'automne 2009 pour qu'il soit révisé durant l'hiver 2010 et publié en juin 2010! L'invitation est lancée.   vos plumes! Plutôt, à vos ordinateurs!

Dans ce numéro, vous pourrez lire un article issu d'une collaboration Canada-Chine, un autre d'un collègue montréalais et enfin, deux articles en provenance de l'Algérie. Les sujets couvrent le domaine de la propagation sonore à l'intérieur de tuyaux ensevelis, l'isolation acoustique des planchers de béton dans les édifices   condominium, l'appareil phonatoire humain et l'effet du débit sur les paramètres acoustiques de la parole. Nous vous offrons, encore une fois, une diversité de sujets pour satisfaire tous les goûts. Vous aurez aussi le plaisir de lire une « Revue de livre » un peu spécial. Il s'agit de la présentation d'un DVD bilingue de sensibilisation aux effets du bruit en milieu de travail. Pour l'utiliser moi-même en salle de classe et lors de conférences, je peux vous affirmer qu'il s'agit d'un outil assez percutant. Intitulé « La surdité nous suit partout », ce petit bijou mérite un détour!

Sur une note plus triste, nous avons appris récemment que le Conseil National de Recherche du Canada (CNRC) s'apprête à fermer la division acoustique de l'Institut des sciences des microstructures. Cette fermeture s'inscrit dans le cadre d'un processus d'Examen stratégique du Gouvernement du Canada. Selon Gilles Daigle, un de nos collègues affectés par cette coupure, plusieurs d'entre eux devraient pouvoir être relocalisés dans d'autres laboratoires du CNRC. La crise économique a malheureusement des répercussions inattendues dans le domaine de l'acoustique. Cette nouvelle est inquiétante, surtout quand on sait que le Canada ne peut se targuer d'être le pays le plus actif en acoustique, alors que les besoins sont là. Nous souhaitons bon courage à nos collègues qui sont touchés par cette nouvelle et nous avons confiance qu'ils se relocaliseront rapidement dans d'autres laboratoires ou dans le secteur privé. Quelques uns en profiteront peut-être pour prendre une retraite anticipée.

Enfin, si ce n'est déjà fait, n'oubliez pas le congrès annuel de notre association qui se tiendra cette année dans la très belle région de Niagara sur le lac, du 14 au 16 octobre. La date limite pour soumettre vos résumés a été fixée au 1er juin. Vous trouverez tous les détails sur le site de l'Association Canadienne de l'Acoustique (<http://www.caa-aca.ca/F/index.htm>).

Bonne lecture et bon été!

Chantal Laroche, Rédactrice adjointe



Soundbook™
Designed for You:

- Innovative** ✓
- IEC conform** ✓
- Inexpensive** ✓
- User friendly** ✓
- General purpose** ✓
- Tough (MIL)** ✓
- Reliable** ✓

SOUNDBOOK

Multi-channel SLM IEC61672-1, IEC60804 & IEC60651 Type 1
 SAMURAI Basic Software includes Sound Recorder, Frequency Analyzer, Reverberation time measurement
 2/4/8/channels with 40kHz bandwidth, 2x tach, 5 AUX and 2/4 analog outputs
 Various software options for Acoustics and Vibration
 Remote Control, Network Integration & wireless synchronization of several devices possible
 Alternative packages for ME'scope(direct device), si++workbench, SINUS MATLAB Toolbox
 PTB Type Approval



- SINUS**
- G.R.A.S.**
SOUND & VIBRATION
- CRYSTAL**
instruments
- DYTRAN**
INSTRUMENTS, INC.
- MetroLaser, Inc.*
- Vibrant Technology, Inc.**

Integrated Solutions from World Leaders

- Precision Measurement Microphones
- Intensity Probes
- Outdoor Microphones
- Hydrophones
- Ear Simulation Devices
- Speech Simulation Devices
- Calibrators
- Array Microphones
- Sound Quality
- Sound Intensity
- Sound Power
- Room Acoustics
- Noise Monitoring
- Dynamic Signal Analyzers
- Multi-Channel Dynamic Analyzer/Recorders
- Electro Dynamic Shaker Systems
- Advanced Sound & Vibration Level Meters
- Doppler Laser Optical Transducers (Laser Vibrometers)



New KEMAR Manikin



NOVEL DYNAMICS TEST INC.
 Dynamic Test and Analysis Systems
 Acoustics and Vibration Solutions

519-853-4495
 ametelka@cogeco.ca
 Info@noveldynamicstest.ca

EFFETS DU DEBIT SUR LES PARAMETRES ACOUSTIQUES ET TEMPORELS DU SIGNAL DE PAROLE

L. FALEK, R. DJERADI, et A. DJERADI

Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (USTHB)
Laboratoire de communication parlée et de traitement du signal
Faculté d'Electronique et d'Informatique
BP 32, El Alia, Alger, ALGERIE
E-mail: lilalcpts@yahoo.fr

RESUME

Cette étude porte sur les effets du débit en production de la parole dans une langue seconde. Six locuteurs, issus de régions géographiques différentes, ont produit des phrases en arabe littéral, porteuses de fricatives (spécifiques de l'arabe), à des vitesses d'élocution différentes. Les locuteurs choisis sont: deux libanais (CH et LI) dont le dialecte est arabe et très ressemblant à l'arabe littéral, deux algérois (FE et MA) dont le dialecte est arabe mais moins ressemblant à l'arabe littéral que le dialecte libanais et deux Kabyles (SA et NA) dont le parlé est un dialecte de la langue berbère qui est très différent de l'arabe littéral. Le but de cette étude est de mettre en évidence les stratégies compensatoires adoptées par chaque locuteur en contrainte de débit. L'étude, portant sur l'analyse temporelle et fréquentielle (formantique) de CVC prélevés dans les phrases du corpus, a montré des différences au niveau des patrons temporels (durées relatives des CVC par rapport à la durée de la phrase considérée) et fréquents (valeurs des formants F1 et F2 de la voyelle du CVC considéré), en débit rapide. Ces différences semblent être liées au parlé des locuteurs, à savoir : - des patrons temporels fixes avec des patrons fréquents variables et une centralisation totale des voyelles pour les locuteurs libanais (CH et LI), si l'on compare les résultats obtenus en vitesse d'élocution normale avec ceux obtenus en vitesse d'élocution rapide. La compensation est faite sur le plan fréquentiel seulement (une seule compensation), ce qui pourrait faire penser à une bonne maîtrise du contrôle moteur en contrainte de débit. - des patrons temporels variables avec des patrons fréquents constants et très peu de centralisation, pour les locuteurs algérois (FE et MA). La compensation est faite sur le plan temporel seulement (une seule compensation). Ce qui pourrait faire penser à un contrôle moteur moins fin que CH et LI en contrainte de débit. - des patrons temporels et fréquents variables et peu de centralisation (moins que CH et LI et plus que FE et MA) pour les locuteurs SA et NA. La compensation est faite sur les deux plans: fréquentiel et temporel (deux compensations). Ce qui ferait penser à un contrôle moteur relativement mauvais en contrainte de débit. Les stratégies compensatoires adoptées par ces trois types de locuteurs semblent être influencées par leur dialecte.

ABSTRACT

This study treats the effects of speech rate in a second language. Six speakers from different geographical areas have produced sentences in written Arabic, carrying fricatives (Arabic specifications), at different speeds of elocution. The selected speakers are: two Lebanese (CH and LI), two inhabitants of Algiers (FE and MA) and two Kabyles (SA and NA, in northern east of Algiers). The purpose of this study is to highlight the compensatory strategies adopted by each speaker with flow constraint. The study carried on the temporal and frequential (formantic) analysis of CVC that are extracted from the corpus sentences, has shown differences on the level of the temporal model (relative durations of CVC compared to the sentence duration) and frequential model (formants values F1 and F2 of the vowel of the considered CVC), in fast flow. These differences can be related to the spoke of the speakers, such as: - Fixed temporal models with variable frequential models and a total centralization of the vowels for the Lebanese speakers (CH and LI). The compensation is made only on the frequential level (one compensation), which could make think of a good motor control in flow constraint. - Variable temporal models with constant frequential models and very little centralization, for Algiers speakers (FE and NA). The compensation is only made on the temporal level (one compensation), which could make think of less smooth motor control than CH and LI in flow constraint. - Variable temporal and frequential models and little centralization (less than CH and LI and more than FE and NA) for speakers SA and MA. The compensation is made on both frequential and temporal levels (two compensations). This could make think of a relatively bad motor control in flow constraint. The compensatory strategies adopted by these three types of speakers seem to emphasize on the closely dependency to the second language, namely the written Arabic.

1. INTRODUCTION

Les études portant sur la parole perturbée constituent des éléments importants dans la compréhension du contrôle moteur. Il est possible de perturber la parole de plusieurs façons : en modifiant directement ou indirectement la géométrie du conduit vocal ou en interrompant un certain type de feedback (tactile, auditif ou autre) [8].

La nature de la perturbation utilisée dans cette étude vise à contraindre l'inertie des muscles lors de la production de la parole, en faisant varier la vitesse d'élocution de façon contrôlée.

Le but de la perturbation de la parole est de mettre en évidence les phénomènes compensatoires qui surgissent en condition de contrainte sur les plans articulatoire et acoustique pour la production de la parole. Aussi, McFarland et al. (1996) [4] ont fait ressortir une différence importante pour ce qui a trait aux expériences de perturbation de la parole : la production des voyelles se trouve plus affectée par une modification d'une fonction orale. L'étude du comportement des voyelles en contrainte de débit est donc révélatrice d'informations sur le contrôle moteur de la parole.

Par ailleurs, lors de la production de la parole, les gestes articulatoires visent à atteindre une cible de nature acoustico-auditive (le feedback auditif dans le processus de production de la parole est très important [6][3][5]). Cela veut dire que chaque locuteur a des patrons articulatoires construits dès son enfance à partir de sa langue maternelle, dont l'apprentissage a été fait sur la base de l'entendu (s'entendre parler permet de mieux atteindre les cibles acoustiques).

Une conséquence de la perturbation de la production de la parole a été mise en évidence par Lane et al 2005 [11]. Dans leur étude, ces derniers, en utilisant le paradigme de la plaque occlusale pour étudier une population ayant des problèmes d'audition, c'est-à-dire les adultes atteints de surdité à un stade post-linguistique, ont remarqué que les espaces vocaliques (moyenne des distances euclidiennes entre toutes les paires possibles de voyelles donc surface des espaces vocaliques) des locuteurs sourds avec un implant auditif étaient plus petits lorsque ce dernier était hors fonction que lorsqu'il fonctionnait. Cela veut dire que le contrôle moteur de la parole est avant tout conditionné par l'appris donc l'entendu.

Des études sur d'autres types de perturbations, dues à des pathologies [10] (bégaiement par exemple) ou à des émotions [12] (colère, joie) ont révélé des diminutions des espaces vocaliques. Il est donc nécessaire d'analyser l'impact de la contrainte sur les espaces vocaliques des voyelles considérées, afin de mieux comprendre le comportement articulatoire de chaque locuteur.

Cette étude porte sur les compensations articulatoires occasionnées par une perturbation artificielle de la parole : la variation de la vitesse d'élocution. La comparaison est faite sur la base de l'expression de l'arabe littéral (ou arabe classique) de locuteurs ayant des langues maternelles différentes. Le but est de montrer comment chaque locuteur agit sur ses patrons temporels et fréquentiels pour

compenser son déficit dans l'expression orale d'une langue seconde, ici l'arabe littéral.

2. METHODOLOGIE

Nous utilisons le débit comme paradigme de recherche, appliqué à un corpus de phrases arabes. Les phrases du corpus sont une expression de l'arabe classique et non de l'arabe dialectal pour qu'il n'y ait pas de différence entre les locuteurs sur le plan de leurs origines (l'arabe classique étant une langue apprise pour les six locuteurs, ce n'est pas une langue parlée). Les six locuteurs sont des étudiants.

Ces locuteurs différents de par leur langue maternelle sont :

- CH et LI, libanais vivant au Liban, de langue maternelle libanaise, se rapprochant beaucoup de l'arabe littéral (le dialecte libanais est un dialecte de la langue arabe).
- FE et NA sont algérois vivant à Alger, de langue maternelle: dialecte algérois (le dialecte algérois est un dialecte de la langue arabe), pas très proche de l'arabe littéral.
- SA et MA sont kabyles vivant à Tizi Ouzou (nord est d'Alger), de langue maternelle kabyle (le dialecte kabyle est un dialecte de la langue berbère) très différente de l'arabe littéral. Ils ont appris l'arabe à l'école pour la première fois.

2.1. Particularité des phrases du corpus

Les phrases renferment trois fricatives spécifiques de l'arabe : /**ʕ**/ ou (/ɣ/); /**ħ**/ ou (/ʕ/); /**h**/ ou (**ح**). afin de mettre le locuteur en contexte consonantique variable de langue arabe. Notons que ces trois fricatives font partie aussi de l'alphabet kabyle et des dialectes algérois et libanais.

Pour plus de facilité en écriture, nous représenterons :

Le /**ʕ**/ ou (/ɣ/) par /**a_**/;

Le /**ħ**/ ou (/ʕ/) par /**h_**/ (pas de changement) ;

Le /**h**/ ou (**ح**) par /**h_**/.

Les phrases sont interrogatives et au nombre de neuf : trois pour chaque fricative, conjuguées à trois temps différents (trois contextes vocaliques arabes (/a/, /i/, /u/)). La forme interrogative des phrases permet à tous les locuteurs, de garder la même expression d'élocution, quel que soit le débit, pour toutes les phrases du corpus.

Les 9 phrases du corpus (3 pour chaque fricative) sont les suivantes :

Pour le /**ʕ**/ ou (/ɣ/) représenté par /**a_**/ :

/men saa_ala ? / ; /men saa_ila ? / ; /men saa_ula ? /

Pour le /**ħ**/ (/ʕ/) représenté par /**h_**/ :

/men sahala ? / ; /men sahila ? / ; /men sahula ? /

Pour le /**h**/ ou (**ح**) représenté par /**h_**/ :

/men sah_ala ? / ; /men sah_ila ? / ; /men sah_ula ? /.

2.2. Le nombre de phrases du corpus

Le corpus est constitué des neuf phrases précédentes, dites avec 10 répétitions par locuteur, dans trois débits différents:

normal, rapide, lent. Le corpus comporte alors :

$$9 \times 10 \times 3 \times 6 = 1620 \text{ phrases}$$

2.3 Conditions d'enregistrement

Nous n'imposons pas un rythme mais une durée fixe de la phrase pour chaque débit (sauf pour le débit normal où le locuteur a émis les phrases spontanément donc sans contrainte de durée). Les durées des phrases du corpus ont été fixées préalablement (environ : 0.5s pour le débit rapide, et 1.3s pour le débit lent). Notons que les durées fixées pour les autres débits sont différentes de celles obtenues pour le débit normal pour les six locuteurs. Le débit normal a donné des durées de phrases variant naturellement entre 0.8 et 1s pour nos locuteurs.

Pour respecter approximativement ces durées (donc pour créer la contrainte de vitesse d'élocution), et éviter des influences mutuelles, chaque locuteur a suivi seul une phase d'apprentissage, dans une chambre sourde, en lisant les phrases du corpus sur l'écran d'un ordinateur. Notons donc que chaque locuteur a été enregistré isolé des autres.

Les phrases ont été enregistrées dans la chambre sourde du laboratoire d'acoustique de la faculté d'électronique, sur un PC (P4), muni d'une carte son de type « sound Blaster », à l'aide d'un microphone professionnel.

2.4 Les unités de parole analysées

Il s'agit des unités /CjVil/, Vi étant l'une des trois voyelles de l'arabe (i=/a/, /i/, /u/), en contexte consonantique /Cj/: j=/a_/, /h/, /h_/, pour chaque locuteur, soit : /a_al/, /a_il/, /a_ul/, /hal/, /hil/, /hul/, /h_al/, /h_il/, /h_ul/, (« l » étant la consone liquide /l/).

Pour obtenir ces différentes unités, nous avons segmenté manuellement les phrases du corpus en nous basant sur le signal acoustique et sur le spectrogramme, à l'aide du logiciel Praat. L'analyse a été faite dans le domaine temporel et dans le domaine fréquentiel.

- Dans le domaine temporel nous avons analysé les durées relatives $d(\text{CjVil})/d(\text{phrase})$, ($d(\text{CjVil})$: durée moyenne de l'unité CjVil et $d(\text{phrase})$: durée moyenne de la phrase correspondante à l'unité CjVil).
- Dans le domaine fréquentiel, nous avons analysé les formants F1 et F2 de la voyelle Vi (prélevés au cœur de la voyelle, manuellement à l'aide du logiciel praat).

3. ANALYSE DES DUREES d(CjVil/)

Le but est d'analyser la stratégie temporelle adoptée par chaque locuteur en fonction du débit, afin de dégager les patrons temporels de chaque locuteur en contrainte de débit d'élocution.

3.1 Méthodologie

Nous avons d'abord calculé les moyennes des durées des phrases (dph), puis les durées moyennes des unités CjVil (dCjVil) et fait ensuite le rapport.

Analyse des durées relatives des (CjVil) dans la phrase

Nous avons calculé les valeurs moyennes des durées relatives $d(\text{CjVil})/d(\text{phrase})$, en fonction du débit et du contexte consonantique, pour chaque locuteur, afin de voir comment est distribué le temps dans la phrase de ces unités, en fonction du contexte consonantique. Les valeurs obtenues sont illustrées par les tableaux 1.

Les figures 1 obtenues à partir des tableaux 1 pour chaque contexte consonantique, illustrent la distribution du temps dans la phrase par fricative, en fonction du locuteur et du débit.

Afin de comparer les différentes moyennes des durées relatives précédentes, nous avons fait une analyse de la variance (ANOVA) des durées relatives des (CjVil) dans la phrase porteuse, par locuteur. L'ANOVA avait deux facteurs intra : contexte vocalique (/a/, /i/ /u/) et débit (normal, rapide et lent) pour une même fricative.

Nous avons considéré les données des trois contextes vocaliques aux trois différents débits. Avec dix répétitions par contexte vocalique, nous avons obtenu 270 stimuli par fricative.

Les hypothèses étaient les suivantes

- L'hypothèse nulle H0 : les moyennes des durées relatives du groupe ne sont pas significativement différentes.
- L'hypothèse H1 : les moyennes des durées relatives du groupe sont significativement différentes.

Les résultats obtenus pour l'ANOVA sont regroupés dans le tableau 2.

D'après ce dernier, le test statistique montre que :

- Pour les locuteurs CH et LI : la valeur de la probabilité p étant largement supérieure au seuil de signification 0.05, on conserve donc l'hypothèse nulle.
- Pour les locuteurs FE, SA, NA et MA : la valeur de p étant très en deçà du seuil de signification 0.05, on conserve donc l'hypothèse H1.

Ce qui nous permet de conclure qu'à une probabilité de risque d'erreur de 0.05, l'ANOVA montre un effet significatif du débit, pour une même fricative, pour les locuteurs FE, NA, MA et SA et un effet non significatif pour les locuteurs CH et LI.

Par ailleurs, d'après le test de Cheffé (qui permet de comparer chaque paire de moyennes entre elles) les moyennes des durées relatives intra débits et inter contextes vocaliques, ne sont pas significativement différentes pour les six locuteurs (globalement). Cependant, le débit a peu d'importance sur les durées relatives pour les locuteurs CH et LI. Ce qui n'est pas le cas pour les 4 autres locuteurs pour lesquels nous avons observé un changement des durées relatives en débit rapide.

La conclusion du test statistique correspond bien aux résultats obtenus en figures 1. Ces dernières ont l'avantage de donner un ordre de grandeur des moyennes par débit et par locuteur.

La figure 2 permet de mieux apprécier la variation des valeurs du paramètre F ($F = \text{variance inter-groupes}/\text{variance}$

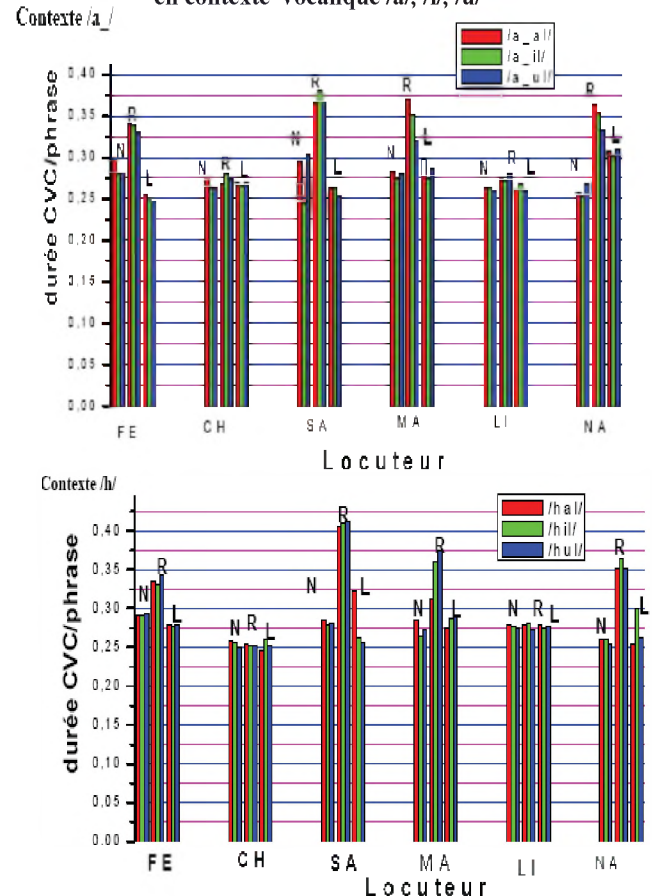
intra-groupes ou résidu) du test statistique en fonction du contexte consonantique pour chaque locuteur.

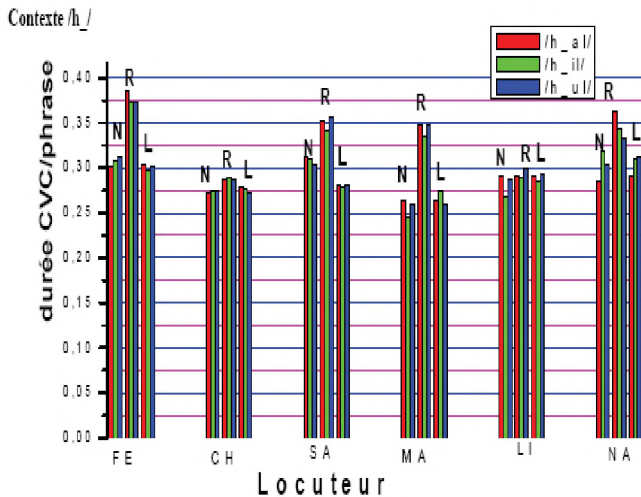
Contexte consonantique /a_/				
		Durées relatives d(CjVil)/d(phrase)		
locuteur	débit	d(a_al)/dph	d(a_il)/dph	d(a_ul)/dph
FE	N	0,29738	0,27969	0,2829
FE	R	0,34181	0,33866	0,33107
FE	L	0,25439	0,25021	0,24646
locuteur	débit	d(a_al)/dph	d(a_il)/dph	d(a_ul)/dph
CH	N	0,27278	0,26423	0,26434
CH	R	0,26856	0,27956	0,27322
CH	L	0,27047	0,26557	0,27008
locuteur	débit	d(a_al)/dph	d(a_il)/dph	d(a_ul)/dph
SA	N	0,2954	0,24426	0,30363
SA	R	0,36495	0,38015	0,36766
SA	L	0,26369	0,26247	0,25374
locuteur	débit	d(a_al)/dph	d(a_il)/dph	d(a_ul)/dph
MA	N	0,28132	0,27309	0,2795
MA	R	0,36962	0,35033	0,31978
MA	L	0,29857	0,27326	0,28682
locuteur	débit	d(a_al)/dph	d(a_il)/dph	d(a_ul)/dph
LI	N	0,26252	0,26281	0,25937
LI	R	0,27637	0,27243	0,28034
LI	L	0,26196	0,2685	0,25823
locuteur	débit	d(a_al)/dph	d(a_il)/dph	d(a_ul)/dph
NA	N	0,25738	0,2524	0,26816
NA	R	0,36343	0,35224	0,33244
NA	L	0,30756	0,30195	0,30933

Contexte consonantique /h_/				
		Durées relatives d(CjVil)/d(phrase)		
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
FE	N	0,29081	0,29158	0,29453
FE	R	0,33578	0,33183	0,3439
FE	L	0,27862	0,2771	0,27966
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
CH	N	0,25927	0,25627	0,24894
CH	R	0,25441	0,2514	0,25104
CH	L	0,24589	0,26053	0,25121
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
SA	N	0,28606	0,2783	0,2806
SA	R	0,40538	0,41012	0,4119
SA	L	0,32256	0,26165	0,25551
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
MA	N	0,28454	0,26435	0,27322
MA	R	0,3124	0,36091	0,37574
MA	L	0,27514	0,28711	0,2922
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
LI	N	0,27815	0,27709	0,27411
LI	R	0,28	0,28095	0,27309
LI	L	0,27982	0,27427	0,27759
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
NA	N	0,25992	0,26121	0,25479
NA	R	0,35088	0,36376	0,3522
NA	L	0,25315	0,30011	0,26254

Contexte consonantique /h_/				
		Durées relatives d(CjVil)/d(phrase)		
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
FE	N	0,30202	0,30851	0,31314
FE	R	0,38508	0,37363	0,37277
FE	L	0,30275	0,29672	0,30118
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
CH	N	0,27299	0,27495	0,27352
CH	R	0,2861	0,2897	0,28625
CH	L	0,27822	0,27727	0,27225
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
SA	N	0,3117	0,30994	0,30343
SA	R	0,35182	0,34073	0,35638
SA	L	0,28067	0,27774	0,28091
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
MA	N	0,26381	0,24412	0,25953
MA	R	0,34728	0,33445	0,3471
MA	L	0,26463	0,27334	0,26047
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
LI	N	0,29122	0,26723	0,28736
LI	R	0,29178	0,29006	0,29943
LI	L	0,29105	0,28441	0,29362
locuteur	débit	d(h_al)/dph	d(h_il)/dph	d(h_ul)/dph
NA	N	0,28431	0,31775	0,30337
NA	R	0,36282	0,34405	0,33235
NA	L	0,2913	0,3095	0,3129

Tableaux 1. Variation des durées relatives des dCjVil/dphrase, en fonction du contexte consonantique, du locuteur et du débit, en contexte vocalique /a/, /i/, /u/





Figures 1. Variation des durées relatives des dCjVil/dphrase, en fonction du contexte consonantique, du locuteur et du débit, en contexte vocalique /a/, /i/, /u/

D'après le tableau 2 et la figure 2, les résultats des F et des p du test statistique, obtenus pour chaque locuteur, FE et MA présentent les différences les plus significatives (en particulier en contexte consonantique /a_/ et /h/), suivi des locuteurs NA et MA. Ce qui nous laisse penser que :

- les locuteurs CH et LI allouent approximativement, le même temps dans la phrase pour les unités /CjVil/, quel que soit le débit et quel que soit le contexte consonantique.
- les locuteurs FE, MA, NA et SA augmentent considérablement le temps alloué aux unités /CjVil/ dans la phrase, en débit rapide et gardent approximativement le même temps pour les deux autres débits. On pourrait en conclure que FE, MA, NA et SA ont approximativement la même stratégie de distribution du temps dans la phrase que CH et LI.

Discussions

D'après ces résultats :

• En débits normal et lent :

Nous pouvons dire que les locuteurs adoptent approximativement tous la même stratégie sur le plan temporel, puisqu'ils ont globalement la même durée relative pour les unités /CjVil/.

• En débit rapide :

- CH et LI adoptent la même stratégie temporelle qu'en débits normal et lent, puisque leurs durées relatives demeurent inchangées et du même ordre de grandeur.
- FE et SA, NA et MA augmentent leurs durées relatives par rapport aux débits normal et lent (Les F du test statistique sont plus significatifs pour les locuteurs FE et NA que pour SA et MA) pour reproduire leurs contrastes phonémiques des unités considérées. Ils allouent donc plus de temps dans la phrase pour pouvoir reproduire les mêmes unités produites en débit normal. Cela veut dire qu'il leur sera difficile de reproduire les unités considérées si le temps qui leur est alloué est relativement court par rapport au débit

normal. Donc au plan temporel, CH et LI ont plus de facilité à reproduire les unités considérées même en contrainte temporelle. Ce qui n'est pas le cas des locuteurs SA, NA, MA et FE (FE et MA plus que SA et NA : d'après la figure 2)

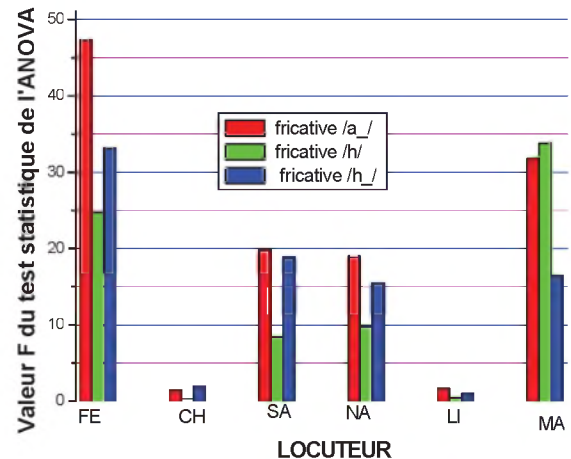


Figure 2. Valeurs des F du test statistique en fonction du contexte consonantique pour chaque locuteur

D'après Perkell *et al.* (2000) [5], les mécanismes pour la production des contrastes phonémiques sont basés sur des buts auditifs. Ainsi, la production de la parole est programmée dans le système nerveux central pour atteindre des séquences de buts acoustiques. Comme ces buts acoustiques sont en général construits dès la plus tendre enfance par le biais de la langue maternelle, le locuteur produira ses cibles acoustiques en fonction de modèles de patrons acoustiques pré enregistrés dans son cerveau, à l'âge adulte. C'est pour cela que nous obtenons des durées relatives propres à chaque locuteur. C'est ce qui leur permet d'atteindre leurs cibles acoustiques.

Voyons alors ce qu'il en est dans le domaine fréquentiel.

4. ANALYSES FREQUENTIELLES DES VOYELLES ARABES Vi (i=/a/, /i/, /u/) DES UNITES /CjVil/, EN CONTRAINTE DE DEBIT

Perkell *et al.* (2000) [5] ajoutent, dans leur théorie de production de la parole sur la base de buts auditifs, que la dimension articulatoire est régie inconsciemment par le locuteur : le degré d'articulation d'un locuteur, dans une condition de parole donnée, varie entre son désir d'obtenir les meilleurs contrastes acoustiques possibles, autrement dit les meilleurs contrastes articulatoires, et sa volonté de minimiser ses patrons articulatoires dans une perspective d'économie d'efforts (figure 3, Perkell 2000 [5]). C'est sur cet axe que le débit joue un rôle très important.

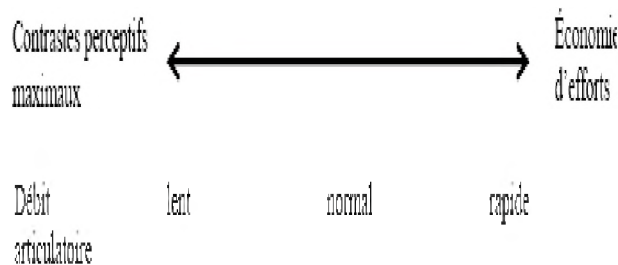


Figure 3. Axe de production de la parole selon la contrainte de débit (Perkell 2000)

Par exemple, si on demande à un locuteur adulte ayant un contrôle moteur fin :

- de parler lentement : le locuteur augmentera l'amplitude de ses contrastes acoustiques, (donc la distance entre les voyelles sera plus grande) ce qui résultera par ailleurs en un effort plus marqué au plan articulaire.
- de parler rapidement : le locuteur diminuera son activité articulaire, ce qui aura pour effet de minimiser ses efforts et se traduira par une baisse des contrastes acoustiques (diminution des distances entre des paires de voyelles dans l'espace acoustique F1, F2).

Cela veut dire qu'en situation de contrainte, l'espace vocalique varie par rapport à celui occupé en débit normal. Toutefois, en débit rapide, la baisse de ces contrastes acoustiques ne signifie pas que le locuteur devient inintelligible. Il serait donc intéressant pour nous de savoir si nos locuteurs, malgré le fait qu'ils n'aient pas la même stratégie, ont des espaces vocaliques qui varient avec le débit. Cette variation de l'espace vocalique est-elle le signe d'un contrôle moteur précis? Comment en être sûr ?

A ce sujet Gay (1978) [1] prévoit deux stratégies de contrôle moteur en production de la parole :

- La stratégie d'amplitude (*amplitude strategy*)
- ou la stratégie de vitesse (*velocity strategy*).

Dans le premier cas, un locuteur A garde à peu près le même débit articulaire qu'en condition de parole normale, mais il réduit l'amplitude de ses mouvements. Il centralise davantage ses mouvements articulaires.

- Pour cette stratégie, nous retrouvons beaucoup plus de coarticulation. La coarticulation se produit lorsqu'une voyelle ou une consonne voit ses caractéristiques changer à cause de son environnement phonétique. La configuration des articulateurs pour une voyelle donnée peut alors être influencée par les phonèmes précédents ou suivants. Par exemple, un locuteur utilisant cette stratégie pour prononcer une séquence [tut] réaliserait un /u/ plus centralisé, car cette voyelle est entourée de consonnes produites au niveau alvéolaire.
- Pour la seconde stratégie, un locuteur B garde la même amplitude de mouvement et maximise ses patrons articulaires. Il compense en accélérant le mouvement de ses articulateurs. Pour cette stratégie, les cibles acoustiques atteintes sont sensiblement les mêmes que celles en condition normale. Il y a moins de

centralisation. Cette deuxième stratégie pourrait témoigner d'un contrôle moteur moindre, moins fin. En effet, pour un but acoustique semblable, produit en condition identique, le locuteur fournit plus d'efforts.

En se basant sur cette théorie :

- Nous pouvons classer CH et LI dans le premier cas (la stratégie d'amplitude (*amplitude strategy*)) car ils gardent leurs durées relatives constantes, comme en débit normal. Il reste à vérifier s'ils réduisent l'amplitude de leurs mouvements, c'est-à-dire s'ils réduisent leurs espaces vocaliques en augmentant le débit, et s'ils centralisent.
- Nous classerons par contre les 4 autres locuteurs SA, MA, NA et FE dans le 2ème cas (stratégie de vitesse (*velocity strategy*)), car en effet, en débit rapide, les durées relatives sont plus élevées, donc différentes des durées en débit normal. Cela voudrait dire que ces locuteurs maximisent leurs patrons articulaires. Il reste à vérifier si l'espace acoustique est semblable en débits normal et rapide. Pour vérifier cela, nous commencerons par une analyse de la variation de l'espace vocalique.

4.1.Méthodologie

Pour calculer l'espace vocalique occupé par les voyelles Vi, nous avons calculé les surfaces des triangles vocaliques des voyelles arabes /a/, /i/ et /u/, pour chaque débit et chaque fricative, dans le plan F1, F2. Les sommets des triangles vocaliques sont les centres des ellipses de dispersion de chaque voyelle (/a/, /i/, /u/).

Le *triangle vocalique* est le nom donné à la figure géométrique que forment les voyelles /a/, /i/ et /u/ [15] lorsqu'elles sont placées dans un espace bidimensionnel appelé *espace cardinal*, dont les axes sont les fréquences du 1^{er} formant (F1) et du 2^{eme} formant (F2). C'est ce qu'on appellera l'espace vocalique.

Le *triangle vocalique* est le nom donné à la figure géométrique que forment les voyelles /a/, /i/ et /u/ [15] lorsqu'elles sont placées dans un espace bidimensionnel appelé *espace cardinal*, dont les axes sont les fréquences du 1^{er} formant (F1) et du 2^{eme} formant (F2). C'est ce qu'on appellera l'espace vocalique.

Tracé des ellipses de dispersion

Nous avons dans un premier temps tracé les ellipses de dispersion dans le plan F1, F2 pour les voyelles /a/, /i/, /u/, prélevées dans les unités de parole considérées (/a_al/, /a_il/, /a_ul/ ; /ha/, /hi/, /hu/ ; /h_al/, /h_il/, /h_ul/), selon le contexte consonantique /a_/, /h/, /h_/, pour les trois débits d'élocution, pour chaque locuteur.

Les résultats obtenus sont illustrés par les figures 4. Pour chaque voyelle, nous avons trois ellipses correspondant aux trois débits : en bleu : débit normal ; en rouge : débit lent et en noir : débit rapide.

Locuteur	F	p	ANOVA des moyennes des durées relatives pour les trois débits, pour les 6 locuteurs à 0.05	Test de scheffé
Fricative /a /				
FE	47,326	0	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
CH	1,437	0,193	pas significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit et inter débit
SA	19,870	3,33067E-16	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
NA	19,018	8,88178E-16	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
LI	1,645	0,1248	pas significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit et inter débit
MA	31,794	0	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
Fricative /h/				
FE	24,755	0	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
CH	0,2975	0,9649	pas significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit et inter débit
SA	8,355	6846E-8	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
NA	9,70237	2,44338E-9	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
LI	0,4079	0,9129	pas significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit et inter débit
MA	33,817	0	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
Fricative /h /				
FE	33,134	0	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
CH	1,9593	0,0622	pas significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit et inter débit
SA	18,86	1,11022E-15	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
NA	15,470	1,4444E-13	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit
LI	0,980	0,4576	pas significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit et inter débit
MA	16,485	3,20854E-14	significativement différentes	Pas significativement différentes intra débit mais significativement différente inter débit

Tableau 2. Analyse de la variance (ANOVA) des durées relatives des CjVil dans la phrase porteuse, par locuteur.

- En regardant les ellipses de dispersion de FE et MA, nous remarquons en effet qu'elles sont presque toutes superposées pour la même voyelle, et cela quel que soit le débit et le contexte consonantique, donc leurs espaces vocaliques varient très peu avec le débit. Ce qui rejoint la théorie de Gay (la stratégie de vitesse)
- Les ellipses de dispersion de CH et LI sont par contre presque toutes disjointes et se dirigent vers le centre de l'espace F1, F2. Cela veut dire que l'espace vocalique change avec le débit. Ce qui vérifie la théorie de Gay prise en hypothèse (la stratégie d'amplitude).
- Les ellipses de dispersion de SA et NA par contre se trouvent entre les deux locuteurs. Certaines sont disjointes et d'autres non. Donc pour le moment nous ne pouvons pas leur attribuer une stratégie.

Pour arriver à des résultats plus quantitatifs donc plus concrets, il serait intéressant de comparer les surfaces des triangles vocaliques en fonction du débit afin de voir s'il y a réduction de l'espace vocalique avec l'augmentation du débit.

Tracé des triangles vocaliques

A partir des ellipses de dispersion précédentes, nous avons tracé, pour chaque contexte consonantique et pour chaque débit, les droites joignant les centres des ellipses de dispersion (correspondantes aux moyennes des formants F1 et F2). Nous avons obtenu ainsi trois triangles vocaliques correspondant à chaque débit d'élocution. Les résultats obtenus sont illustrés par les figures 5.

Calcul de la surface des triangles vocaliques

La méthode utilisée est inspirée de l'article de Hirsch [14], où l'aire des triangles vocalique est calculée de la façon suivante :

$$\text{Aire} = \sqrt{P(P-a)(P-b)(P-c)} \text{ en kHz}^2$$

Où a, b et c représentent la distance entre les coordonnées de deux voyelles qui est quantifiée par :

$$\sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2} \quad (1)$$

(x correspond à F1 d'une des trois voyelles et y à F2) et où P est le résultat de :

$$(a + b + c) / 2 \quad (2)$$

Le côté d'un triangle est calculé par (figure 6) :

$$\text{Le côté « a » du triangle} \\ a = \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2} \quad (3)$$

$$\text{Le côté « b » du triangle:} \\ b = \sqrt{(x_c - x_b)^2 + (y_c - y_b)^2} \quad (4)$$

$$\text{Le côté « c » du triangle.} \\ c = \sqrt{(x_a - x_c)^2 + (y_a - y_c)^2} \quad (5)$$

On notera ici que les sommets du triangle (figure 6) correspondent aux centres des ellipses de dispersion des voyelles /a/, /i/, /u/.

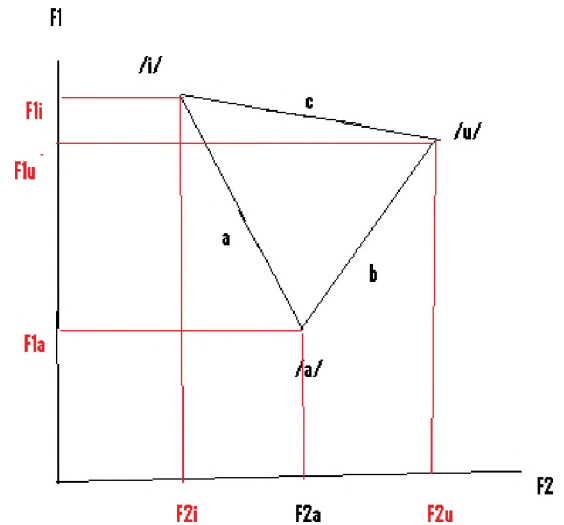


Figure 6. Représentation du triangle vocalique pour le calcul de sa surface

Dans notre cas :

Le côté « a » est égal à la distance entre le centre de l'ellipse de la voyelle /a/ et celui de la voyelle /i/.

Le côté « b » est égal à la distance entre le centre de l'ellipse de la voyelle /a/ et celui de la voyelle /u/.

Le côté « c » est égal à la distance entre le centre de l'ellipse de la voyelle /i/ et celui de la voyelle /u/.

Les coordonnées des trois voyelles seront alors dans le plan (F2, F1) :

$$\text{Voyelle /a/ : } x_a = F2a \quad y_a = F1a$$

$$\text{Voyelle /i/ : } x_i = F2i \quad y_i = F1i$$

$$\text{Voyelle /u/ : } x_u = F2u \quad y_u = F1u$$

$$a = \sqrt{(x_i - x_a)^2 + (y_i - y_a)^2} = \\ a = \sqrt{(F2i - F2a)^2 + (F1i - F1a)^2} \quad (6)$$

$$b = \sqrt{(x_u - x_a)^2 + (y_u - y_a)^2} = \\ b = \sqrt{(F2u - F2a)^2 + (F1u - F1a)^2} \quad (7)$$

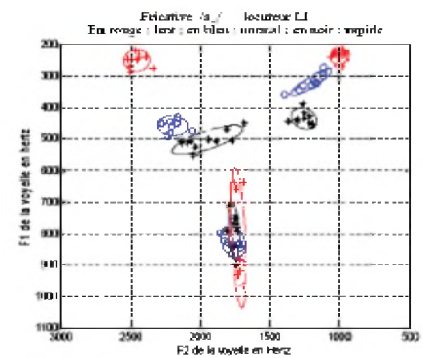
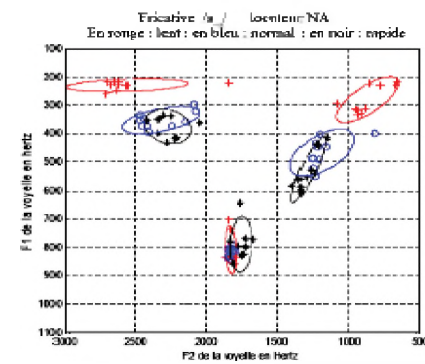
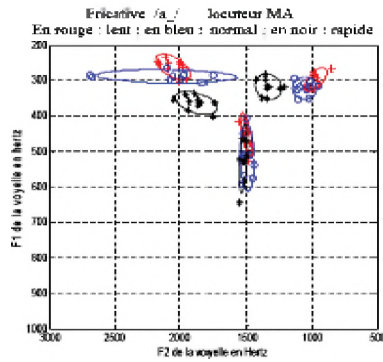
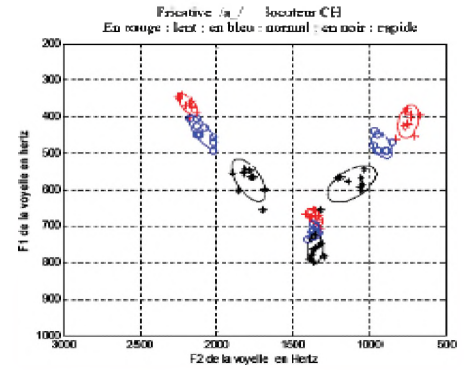
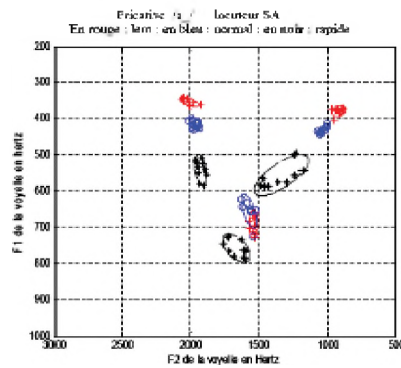
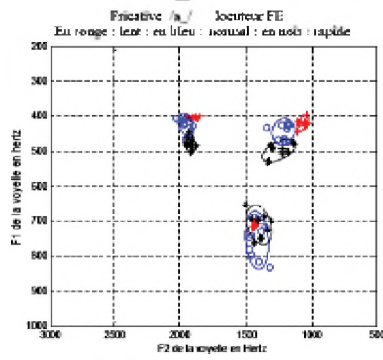
$$c = \sqrt{(x_u - x_i)^2 + (y_u - y_i)^2} = \\ \sqrt{(F2u - F2i)^2 + (F1u - F1i)^2} \quad (8)$$

$$p = (a + b + c) / 2 \quad (9)$$

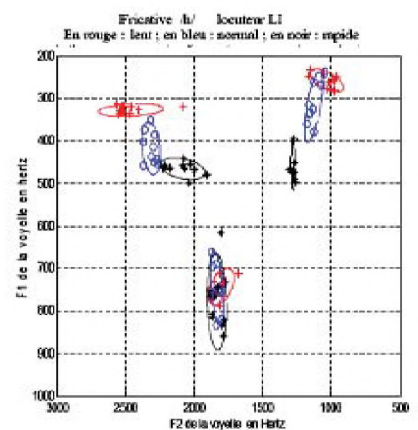
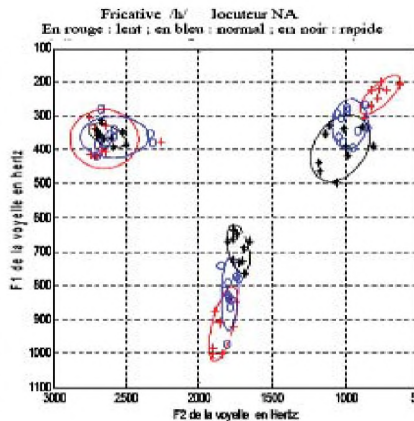
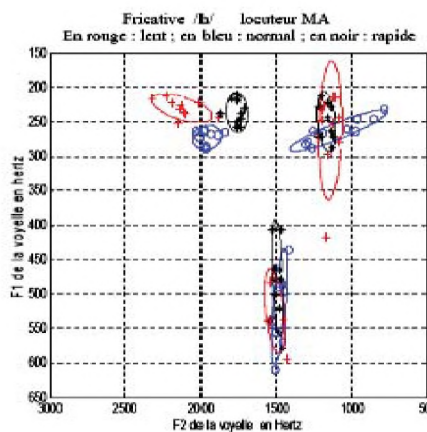
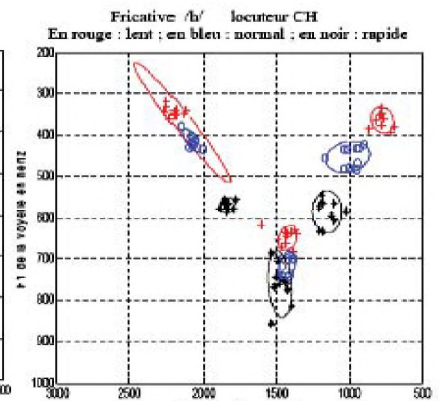
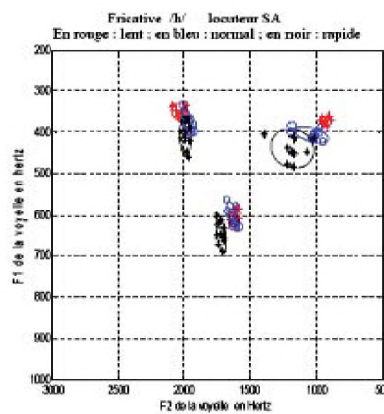
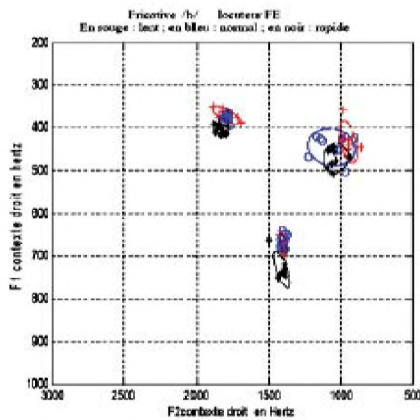
Résultats des surfaces des triangles vocaliques

Les valeurs des surfaces des triangles vocaliques sont données dans les tableaux 3, où nous retrouvons les valeurs des deux premiers formants par voyelle, les aires en kHz² pour chaque locuteur.

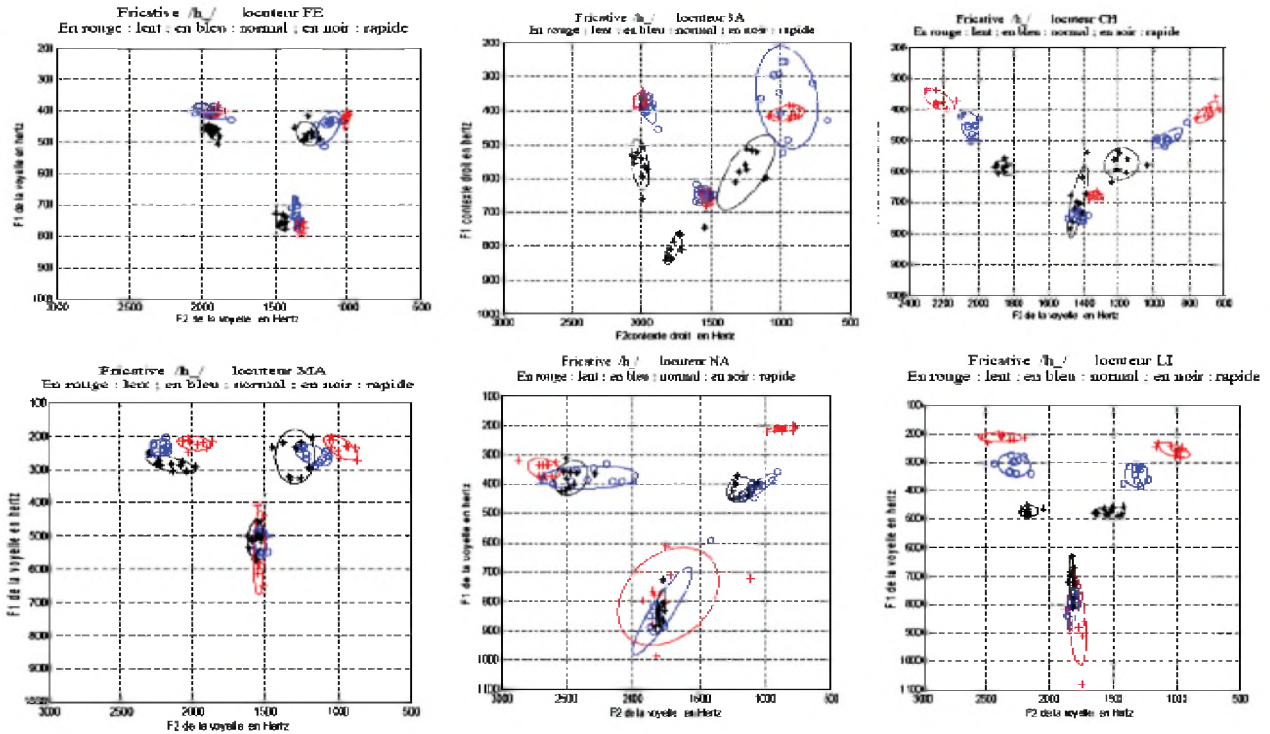
Pour la fricative /a/



Pour la fricative /h/

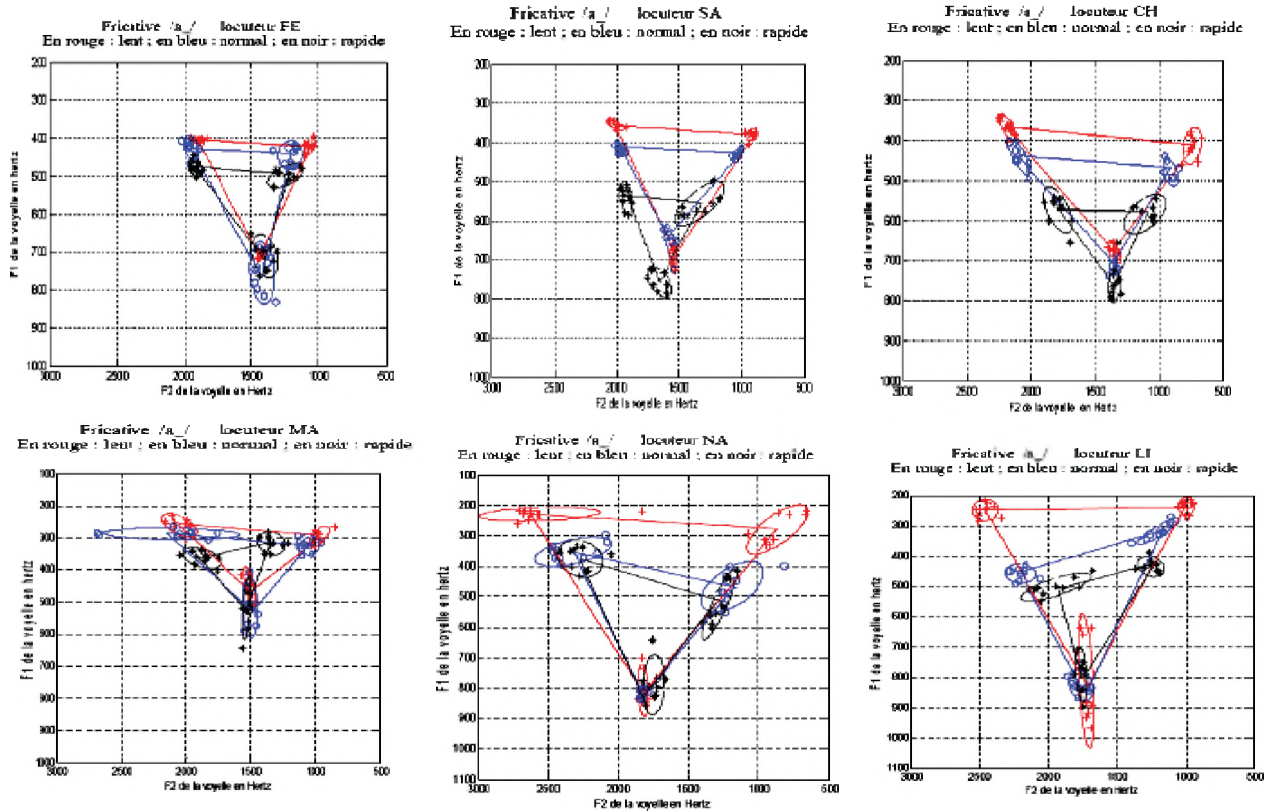


Pour la fricative /h/

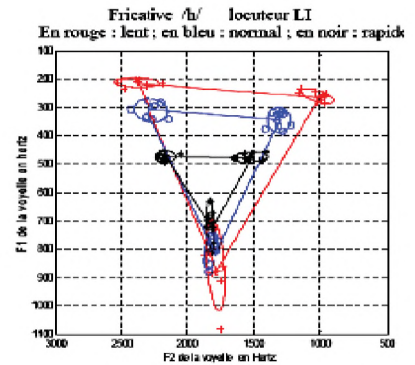
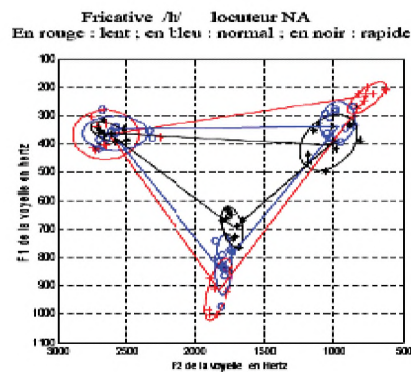
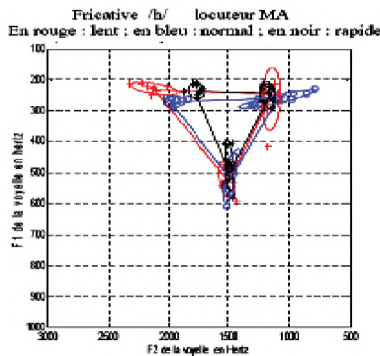
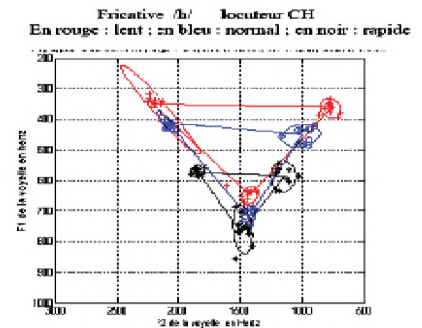
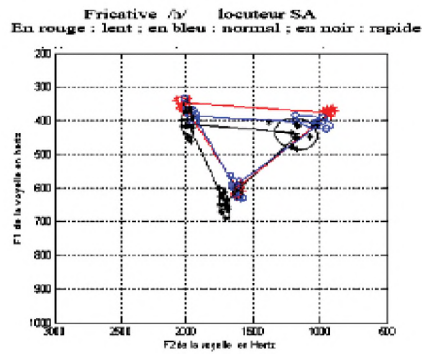
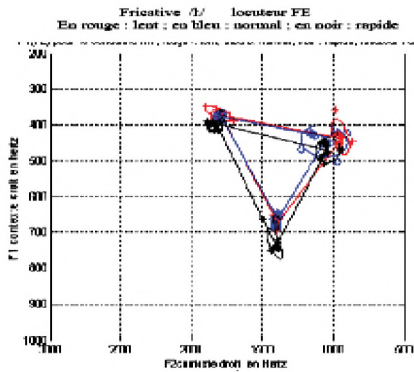


Figures 4. Ellipses de dispersion relatives à chaque locuteur, chaque contexte consonantique et chaque débit.
En bleu : débit normal ; en rouge : débit lent et en noir : débit rapide

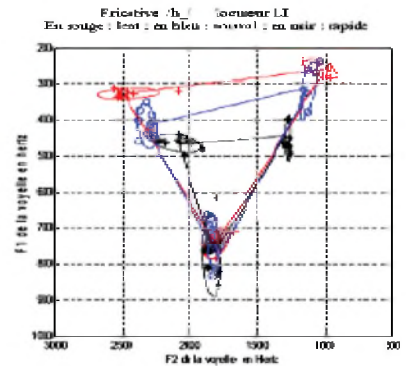
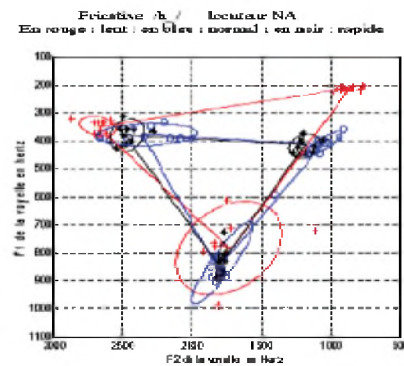
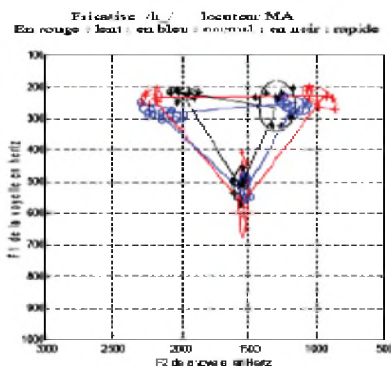
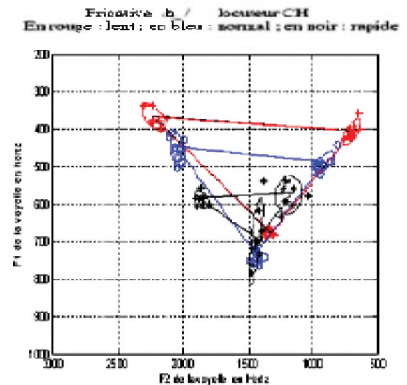
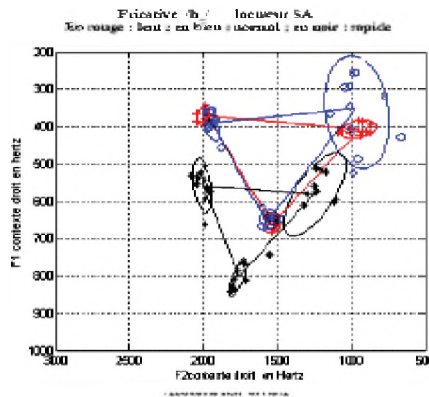
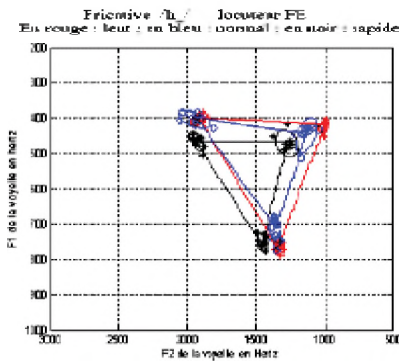
Pour la fricative /a/



Pour la fricative /h/



Pour la fricative /h/



Figures 5. Triangles vocaux tracés à partir des ellipses de dispersion, en fonction du débit, pour chaque locuteur et chaque contexte consonantique. En bleu : débit normal ; en rouge : débit lent et en noir : débit rapide

Les figures 7 ont été tracées à partir des tableaux 3. Elles montrent globalement une réduction de l'espace vocalique avec l'augmentation du débit d'élocution pour les six locuteurs. Notons cependant que les locutrices NA et LI présentent les surfaces vocaliques les plus élevées. Le débit semble avoir un effet significatif sur l'espace vocalique pour les trois locuteurs. Que pouvons-nous alors en conclure ?

Lane et al. [5] et bien d'autres auteurs ont remarqué que la taille des espaces vocaliques était réduite en cas de perturbation de la parole. Cependant, une étude concernant l'influence du débit sur le triangle vocalique en parole neutre [7], montre que les formants tendent vers une voyelle centrale pour les segments de courte durée. Une différence majeure existe entre le cas neutre et les autres expressivités: le degré d'articulation n'est plus uniquement dépendant de la variable débit.

Dans le cas neutre, une accélération et une décélération correspondent respectivement à une réduction et à une expansion du triangle vocalique [7]. Il semble que cette tendance naturelle ne soit pas préservée dans le cas de certaines expressivités. Voir figure 8.

D'après Gendrot et al. [7], en cas de parole neutre, comme dans le cas de variation de débit, la réduction de l'espace vocalique est réalisée suivant une centralisation des voyelles.

Nos résultats montrent en effet une réduction de l'espace vocalique avec l'augmentation du débit, globalement pour les 6 locuteurs. Cependant il serait bon de savoir si cette réduction de l'espace vocalique est aussi l'effet d'une centralisation des voyelles, comme dans le cas d'une parole neutre.

Nous allons donc voir si les six locuteurs se comportent comme dans le cas de parole neutre, autrement dit, nous cherchons à savoir si leurs voyelles sont centralisées ou non. La figure suivante 9 montre un exemple de centralisation des voyelles /a/ et /i/ dans l'espace vocalique [13]. En guise de constatation, nous remarquons que la valeur de F1 augmente avec le degré d'aperture (le degré d'ouverture de la cavité labiale ou la hauteur interlabiale) et celle de F2 avec le degré d'antériorité (lieu d'articulation dans la cavité orale).

Articulatoirement, une centralisation du /i/, voudrait dire que le /i/ deviendrait moins antérieur et plus ouvert alors que le /a/ serait un peu moins postérieur et un peu moins ouvert.

Ces changements influenceraient les valeurs formantiques, et une centralisation des voyelles impliquerait :

- Une augmentation de F1 et une diminution de F2 pour la voyelle /i/;
- Une augmentation de F2 et une diminution du F1 pour la voyelle /a/.
- Une augmentation du F1 et du F2 pour la voyelle /u/.

Nous allons donc à présent étudier les variations des valeurs moyennes des formants F1 et F2 pour chaque locuteur en fonction du débit, afin de voir s'il y a centralisation des voyelles /a/, /i/, /u/.

5. CALCUL DES VARIATIONS DES FORMANTS F1 ET F2 EN FONCTION DU DEBIT D'ELOCUTION

Les tableaux 4 illustrent les valeurs moyennes des formants F1 et F2 de chaque voyelle V_i ($i=/a/, /i/, /u/$), en contexte consonantique /Cj/ : j= /a_/, /h/, /h_/ et ce pour chaque locuteur, dans le /CjVil/ soit : /a_al/, /a_il/, /a_ul/, /hal/, /hil/, /hul/, /h_al/, /h_il/, /h_ul/.

Les abréviations suivantes ont été adoptées :

- F1N : valeur moyenne du formant F1 en débit normal
- F2N : valeur moyenne du formant F2 en débit normal
- F1L : valeur moyenne du formant F1 en débit lent
- F2L : valeur moyenne du formant F2 en débit lent
- F1R : valeur moyenne du formant F1 en débit rapide
- F2R : valeur moyenne du formant F2 en débit rapide

Sur les tableaux 4, les flèches indiquent le sens de déplacement de points M(F2, F1) relatifs à chaque voyelle, lors de la variation des formants, dans l'espace vocalique (F2, F1), lorsque nous passons du débit lent vers le débit normal (LN) ou du débit normal vers le débit rapide (NR). A titre d'exemple, en cas de centralisation, le déplacement des points M(F2, F1) en situation (LN) doit être dans le même sens que celui du cas (NR) (en tenant compte de la figure 9).

Le tableau 5, récapitulatif des tableaux 4, regroupant le nombre de cas de centralisation par locuteur, par voyelle et le nombre total de cas de centralisation, montre que:

- pour la voyelle /a/ : aucun locuteur ne centralise.
 - Pour les voyelles /i/ et /u/:
- Les locuteurs libanais CH et LI centralisent quel que soit le contexte consonantique (6 cas sur 6 : 3 cas sur 3 pour la voyelle /i/, c'est-à-dire pour tous les contextes consonantiques et idem pour la voyelle /u/).
- Les locuteurs Kabyles SA et NA centralisent moins que CH et LI (3 cas sur 6, c'est-à-dire la moitié par rapport aux locuteurs libanais CH et LI).
- Les locuteurs algérois MA et FE (2 cas sur 6 pour MA et 1 cas sur 6 pour FE) sont ceux qui centralisent le moins.

6. CONCLUSION

Dans cette étude nous avons analysé les patrons temporels et fréquentiels de six locuteurs ayant des parlés qui vont en s'éloignant de la langue seconde du corpus de phrases qu'ils ont produites, en contrainte de débit.

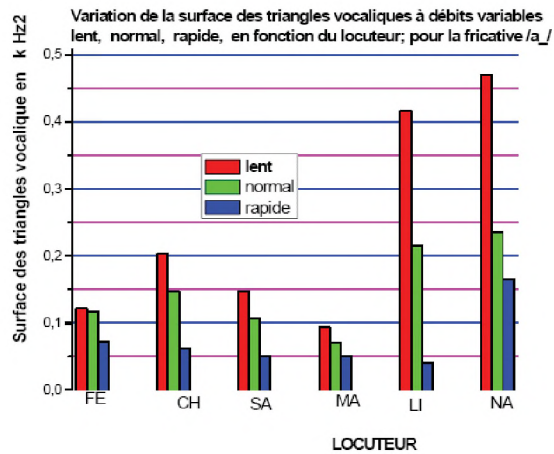
DEBIT NORMAL							
Formants	F1a En khz	F2a En khz	F1i En khz	F2i En khz	F1u khz	F2u En khz	Aire en kHz2
Locuteur	Consonne /a_/						
FE	0.754	1.420	0.424	1.956	0.444	1.216	0.1165
CH	0.715	1.354	0.443	2.096	0.480	0.915	0.1469
SA	0.652	1.571	0.415	1.971	0.432	1.040	0.1070
MA	0.516	1.5	0.3626	1.8831	0.3215	1.057	0.0712
LI	0.8261	1.7637	0.4587	2.2041	0.3188	1.1968	0.2157
NA	0.817	1.825	0.352	2.320	0.4668	1.1854	0.2354
	Consonne /h/						
FE	0.666	1.396	0.375	1.792	0.445	1.063	0.09232
CH	0.717	1.425	0.413	2.082	0.452	0.989	0.15291
SA	0.603	1.624	0.373	1.969	0.405	1.039	0.10156
MA	0.5174	1.4825	0.2723	1.9578	0.2628	1.0928	0.1083
LI	0.7451	1.8336	0.4170	2.3193	0.3203	1.1224	0.2338
NA	0.8251	1.7946	0.3620	2.5874	0.324	0.975	0.3884
	Consonne /h_/						
FE	0.720	1.355	0.403	1.949	0.450	1.135	0.11512
CH	0.743	1.436	0.453	2.043	0.491	0.922	0.15064
SA	0.647	1.557	0.391	1.948	0.3619	0.9600	0.13251
MA	0.5193	1.5293	0.2343	2.2166	0.2562	1.1717	0.14140
LI	0.8060	1.8193	0.3103	2.2797	0.3439	1.3098	0.23270
NA	0.8333	1.7769	0.3775	2.3264	0.4124	1.0592	0.27920

DEBIT LENT							
Formants	F1a En khz	F2a En khz	F1i En khz	F2i En khz	F1u khz	F2u En khz	Aire en kHz2
Locuteur	Consonne /a_/						
FE	0.707	1.433	0.400	1.889	0.420	1.066	0.12160
CH	0.674	1.353	0.365	2.193	0.413	0.748	0.20300
SA	0.619	1.537	0.353	2.010	0.379	0.923	0.14680
MA	0.452	1.5	0.2618	2.0531	0.297	0.972	0.09310
LI	0.8129	1.7271	0.2497	2.4596	0.237	0.997	0.41650
NA	0.808	1.823	0.229	2.558	0.280	0.867	0.47080
	Consonne /h/						
FE	0.671	1.397	0.369	1.801	0.433	0.945	0.11620
CH	0.647	1.430	0.369	2.143	0.364	0.770	0.19260
SA	0.606	1.610	0.350	2.031	0.372	0.927	0.13180
MA	0.5245	1.5140	0.2298	2.1232	0.262	1.1458	0.13420
LI	0.7427	1.8021	0.3276	2.4615	0.258	1.0243	0.32100
NA	0.9120	1.8345	0.3686	2.6561	0.237	0.764	0.56810
	Consonne /h_/						
FE	0.765	1.328	0.403	1.915	0.421	1.005	0.1592
CH	0.676	1.335	0.368	2.225	0.407	0.699	0.21791
SA	0.655	1.528	0.371	2.003	0.407	0.957	0.14016
MA	0.550	0.1539	0.2211	1.9871	0.233	0.976	0.15540
LI	0.8546	1.7855	0.2128	2.3869	0.258	1.0243	0.42350
NA	0.7837	1.7379	0.3478	2.6767	0.212	0.866	0.45840

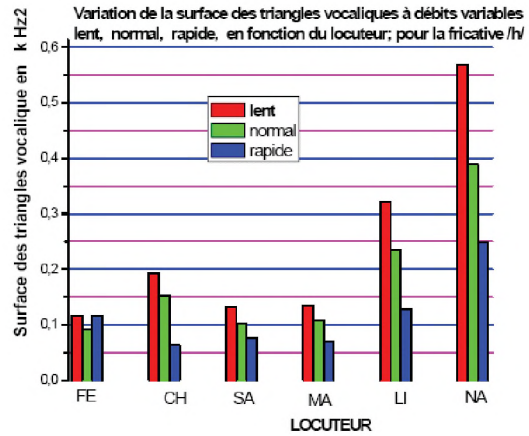
DEBIT RAPIDE							
Formants	F1a	F2a	F1i	F2i	F1u	F2u	Aire en Hz2
Locuteur	Consonne /a_/						
FE	0.710	1.402	0.476	1.919	0.498	1.250	0.07258
CH	0.763	1.350	0.573	1.791	0.584	1.110	0.06229
SA	0.736	1.600	0.540	1.839	0.554	1.304	0.05091
MA	0.5195	1.529	0.3626	1.883	0.317	1.338	0.05080
LI	0.7923	1.7599	0.237	0.996	0.4346	1.2531	0.04100
NA	0.7887	1.751	0.374	2.271	0.5257	1.2802	0.16600
	Consonne /h/						
FE	0.731	1.410	0.404	1.835	0.470	1.035	0.11666
CH	0.761	1.476	0.569	1.840	0.586	1.149	0.06329
SA	0.645	1.718	0.408	1.984	0.439	1.177	0.07842
MA	0.4764	1.4944	0.2361	1.7650	0.2495	1.1696	0.06970
LI	0.7778	1.8358	0.4651	2.0850	0.4592	1.2720	0.12780
NA	0.6920	1.7319	0.3578	2.6354	0.3950	1.0403	0.24970
	Consonne /h_/						
FE	0.751	1.452	0.466	1.928	0.471	1.276	0.09178
CH	0.689	1.432	0.585	1.861	0.575	1.186	0.03740
SA	0.808	1.772	0.558	2.009	0.581	1.251	0.07899
MA	0.5049	1.5657	0.2833	2.1446	0.2608	1.2935	0.10080
LI	0.7151	1.8214	0.4744	2.1639	0.4751	1.5275	0.07650
NA	0.8341	1.7888	0.3789	2.4681	0.4183	1.1874	0.27810

Tableaux 3. Formants et surfaces des triangles vocaliques en fonction du contexte consonantique, du locuteur et du débit

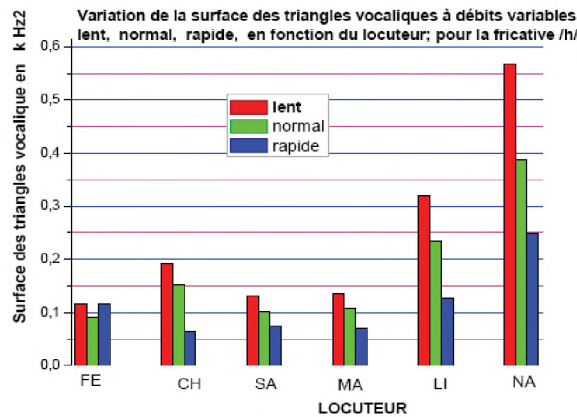
Pour la fricative /a_ /



Pour la fricative /h /



Pour la fricative /h_ /



Figures 7. Surface des triangles vocaliques en fonction du contexte consonantique, du locuteur et du débit

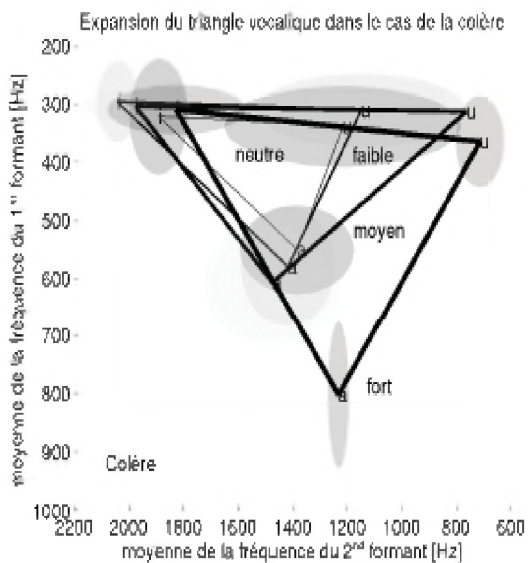


Figure 8. Triangle vocalique neutre et selon trois niveaux d'intensité de la colère extravertie

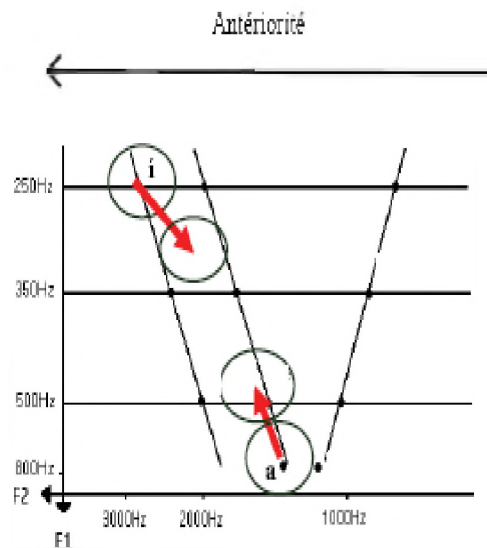


Figure 9. Exemple de centralisation des patrons articulatoire-acoustiques lors de la production des voyelles à l'étude

Voyelle /a/	F1La	F2La	F1Na	F2Na	F1Ra	F2Ra	F1N-F1R	F2N-F2R	sens	F1L-F1N	F2L-F2N	sens	centralise
Locuteurs	En contexte consonantique /a_/												
FE	0.707	1.433	0.754	1.420	0.710	1.402	0.0440	0.0180	↗	-0.0470	0.0130	↘	non
CH	0.674	1.353	0.715	1.354	0.763	1.350	-0.0480	0.0040	↘	-0.0410	-0.0010	↘	non
SA	0.691	1.537	0.652	1.571	0.736	1.600	-0.0840	-0.0290	↘	0.0300	-0.0340	↘	non
MA	0.452	1.5	0.516	1.5	0.5195	1.529	-0.0015	-0.0290	↘	-0.0640	0	↘	non
LI	0.812	1.727	0.8261	1.765	0.7923	1.759	0.0338	0.0058	↗	-0.0132	-0.0386	↘	non
NA	0.808	1.823	0.817	1.825	0.7887	1.751	0.0283	0.0740	↗	-0.0090	-0.0020	↘	non
Locuteurs	En contexte consonantique /h/												
FE	0.671	1.397	0.666	1.396	0.731	1.410	-0.0650	-0.0140	↘	0.0050	0.0010	↗	non
CH	0.647	1.430	0.717	1.425	0.761	1.476	-0.0440	-0.0510	↘	-0.0700	0.0050	↘	non
SA	0.606	1.610	0.603	1.674	0.645	1.718	-0.0470	-0.0940	↘	0.0030	-0.0140	↘	non
MA	0.524	1.5140	0.5174	1.482	0.4764	1.494	0.0410	-0.0119	↗	0.0071	0.0315	↗	non
LI	0.742	1.8021	0.7451	1.833	0.7778	1.858	-0.0327	-0.0022	↘	-0.0024	-0.0315	↘	non
NA	0.912	1.834	0.8251	1.794	0.6920	1.731	0.1331	0.0627	↗	0.0869	0.0399	↗	non
Locuteurs	En contexte consonantique /h_/												
FE	0.765	1.328	0.720	1.355	0.751	1.452	-0.0310	-0.0970	↘	0.0450	-0.0270	↘	non
CH	0.676	1.335	0.743	1.436	0.689	1.432	0.0540	0.0040	↗	-0.0670	-0.1010	↘	non
SA	0.655	1.528	0.647	1.557	0.808	1.772	-0.1610	-0.2150	↘	0.0080	-0.0290	↘	non
MA	0.550	0.1539	0.5193	1.529	0.5049	1.565	0.0144	-0.0364	↗	0.0307	-1.3754	↘	non
LI	0.854	1.7855	0.8060	1.819	0.7151	1.821	0.0909	-0.0021	↗	0.0486	-0.0338	↘	non
NA	0.783	1.7379	0.754	1.420	0.8341	1.788	-0.0801	-0.3683	↘	0.0297	0.3179	↗	non

Voyelle /i/	F1Li	F2Li	F1Ni	F2Ni	F1Ri	F2Ri	F1N-F1R	F2N-F2R	sens	F1L-F1N	F2L-F2N	sens	centralise
Locuteurs	En contexte consonantique /a_/												
FE	0.400	1.889	0.424	1.956	0.476	1.919	-0.0520	0.0370	↘	-0.0240	-0.0670	↘	non
CH	0.365	2.193	0.443	2.096	0.573	1.791	-0.1300	0.3050	↘	-0.0780	0.0970	↘	oui
SA	0.353	2.010	0.415	1.971	0.540	1.839	-0.1250	0.1820	↘	-0.0620	0.0390	↘	Oui
MA	0.261	2.055	0.362	1.883	0.362	1.883	0	0.0001	↘	-0.1008	0.1700	↘	non
LI	0.249	2.459	0.458	2.204	0.237	1.996	-0.2217	0.2081	↘	-0.2090	0.2555	↘	oui
NA	0.229	2.558	0.352	2.320	0.374	2.271	-0.0220	0.0490	↘	-0.1230	0.2380	↘	oui
Locuteurs	En contexte consonantique /h/												
FE	0.369	1.801	0.375	1.792	0.404	1.835	-0.0290	-0.0430	↘	-0.0060	0.0080	↘	non
CH	0.369	2.143	0.413	2.082	0.569	1.840	-0.1560	0.2420	↘	-0.0440	0.0610	↘	oui
SA	0.350	2.031	0.373	1.969	0.408	1.984	-0.0350	-0.0150	↘	-0.0230	0.0620	↘	non
MA	0.229	2.123	0.272	1.937	0.236	1.765	0.0362	0.1928	↗	-0.0425	0.1654	↘	non
LI	0.327	2.461	0.417	2.319	0.465	2.085	-0.0481	0.2343	↘	-0.0894	0.1422	↘	oui
NA	0.368	2.656	0.362	2.587	0.357	2.635	0.0042	-0.0480	↘	0.0066	0.0687	↗	non
Locuteurs	En contexte consonantique /h_/												
FE	0.403	1.915	0.403	1.949	0.466	1.928	-0.0630	0.0210	↘	0	-0.0340	↘	non
CH	0.368	2.225	0.453	2.043	0.585	1.861	-0.1320	0.1820	↘	-0.0850	0.1820	↘	oui
SA	0.371	2.003	0.391	1.948	0.558	2.009	-0.1670	-0.0610	↘	-0.0200	0.0550	↘	oui
MA	0.221	1.987	0.234	2.216	0.283	2.144	-0.0490	0.0720	↘	-0.0132	-0.2295	↘	non
LI	0.212	2.386	0.310	2.279	0.474	2.163	-0.1641	0.1158	↘	-0.0975	0.1072	↘	oui
NA	0.347	2.676	0.377	2.326	0.378	2.468	-0.0014	-0.1417	↘	-0.0297	0.3503	↘	non

Voyelle /u/	F1Lu	F2Lu	F1Nu	F2Nu	F1Ru	F2Ru	F1N-F1R	F2N-F2R	sens	F1L-F1N	F2L-F2N	sens	centralise
Locuteurs	En contexte consonantique /a_/												
FE	0.420	1.066	0.444	1.216	0.498	1.250	-0.0540	-0.0340	↘	-0.0240	-0.1500	↘	oui
CH	0.413	0.748	0.480	0.915	0.584	1.110	-0.1040	-0.1950	↘	-0.0670	-0.1670	↘	oui
SA	0.379	0.923	0.432	1.040	0.554	1.304	-0.1220	-0.2640	↘	-0.0530	-0.1170	↘	oui
MA	0.297	0.972	0.3215	1.057	0.317	1.338	0.0045	-0.2810	↘	-0.0245	-0.0850	↘	non
LI	0.237	0.997	0.3188	1.1968	0.4346	1.2531	-0.1158	-0.0563	↘	-0.0818	-0.1998	↘	oui
NA	0.280	0.867	0.4668	1.1854	0.5257	1.2802	-0.0589	-0.0948	↘	-0.1868	-0.3184	↘	non
Locuteurs	En contexte consonantique /h/												
FE	0.433	0.945	0.445	1.063	0.470	1.035	-0.0250	0.0280	↗	-0.0120	-0.1180	↘	non
CH	0.364	0.770	0.452	0.989	0.586	1.149	-0.1340	-0.1600	↘	-0.0880	-0.2190	↘	oui
SA	0.372	0.927	0.405	1.039	0.439	1.177	-0.0340	-0.1380	↘	-0.0330	-0.1120	↘	oui
MA	0.262	1.1458	0.2628	1.0928	0.2495	1.1696	0.0133	-0.0768	↘	-0.0008	0.0530	↘	non
LI	0.258	1.0243	0.3203	1.1224	0.4592	1.2720	-0.1389	-0.1496	↘	-0.0623	-0.0981	↘	oui
NA	0.237	0.764	0.324	0.975	0.3950	1.0403	-0.0710	-0.0653	↘	-0.0870	-0.2110	↘	oui
Locuteurs	En contexte consonantique /h_/												
FE	0.421	1.005	0.450	1.135	0.471	1.276	-0.0210	-0.1410	↘	-0.0290	-0.1300	↘	oui
CH	0.407	0.699	0.491	0.922	0.575	1.186	-0.0840	-0.2640	↘	-0.0840	-0.2230	↘	oui
SA	0.407	0.957	0.3619	0.9600	0.581	1.251	-0.2191	-0.2910	↘	0.0451	-0.0830	↘	non
MA	0.233	0.976	0.2562	1.1717	0.2608	1.2935	-0.0046	-0.1218	↘	-0.0232	-0.1957	↘	oui
LI	0.2587	1.0243	0.3439	1.3098	0.4751	1.5275	-0.1312	-0.2177	↘	-0.0852	-0.2855	↘	oui
NA	0.212	0.866	0.4124	1.0592	0.4183	1.1874	-0.0059	-0.1282	↘	-0.2004	-0.1932	↘	oui

Tableau 4. Variation des formants F1 et F2 et centralisation des voyelles, avec le débit, en fonction du contexte consonantique, pour chaque locuteur et centralisation

Tableau récapitulatif des tableaux 4

voyelle	Cas de centralisation ou non centralisation des voyelles					Total de cas de centralisation par locuteur pour toutes les voyelles et les contextes consonantiques	Total de cas de non centralisation par locuteur pour toutes les voyelles et les contextes consonantiques
	/a/	/i/	/i/	/u/	/u/		
Locuteur	oui	non	oui	non	oui		
FE	0	3	0	1	2	2	4
CH	0	0	3	0	3	6	0
SA	0	2	1	1	2	3	3
MA	0	3	0	2	1	1	5
LI	0	0	3	0	3	6	0
NA	0	2	1	1	2	3	3

Tableau 5. Nombre de cas de centralisation des voyelles /a/, /u/, en fonction du locuteur

Les résultats obtenus pour nos locuteurs semblent :

- d'une part rejoindre ceux de certains chercheurs en production de parole perturbée, par rapport à la réduction vocalique, la centralisation la variation des patrons temporels et l'absence de centralisation pour la voyelle /a/. En effet, nos résultats montrent qu'aucun locuteur ne centralise pour le /a/, ce qui rejoint ceux trouvés par Lindblom [2] et Ferbach-Hecker [9] qui n'ont pas observé de centralisation pour cette voyelle.

- d'autre part, ces résultats semblent être liés au parlé des locuteurs. En effet :

- Les libanais CH et LI, dont la langue maternelle est proche de l'arabe littéral, centralisent le plus et gardent des durées relatives constantes. Cela pourrait s'interpréter par une compensation de la vitesse par une centralisation des voyelles, pour atteindre leurs cibles acoustiques. Ce qui pourrait être synonyme d'un bon contrôle moteur [1] en contrainte de débit.

- Les algérois FE et MA, dont la langue maternelle est moins proche de l'arabe littéral que les libanais, viennent en deuxième position. Ils présentent des patrons temporels variables avec le débit et ils centralisent le moins. Donc on peut considérer qu'ils ont besoin d'une seule compensation en contrainte de débit pour atteindre les cibles acoustiques. Comme ils centralisent très peu, nous pouvons dire qu'ils ont un contrôle moteur moins bon [1] que les libanais en contrainte de débit.

- Les kabyles SA et NA viennent en troisième position. Ils ont besoin de deux compensations (une temporelle et une fréquentielle) pour atteindre leurs cibles acoustiques, donc deux fois plus d'effort. Ce qui pourrait être synonyme de contrôle moteur relativement mauvais en contrainte de débit.

Nos résultats montrent en outre que :

- CH et LI suivent le schéma d'une parole neutre prononcée par un locuteur ayant un contrôle fin. Ils se trouvent vraiment dans le premier cas de la stratégie de Gay : la stratégie d'amplitude (*amplitude strategy*).
- FE et MA centralisent très peu, donc ils se trouvent dans le 2ème cas de la stratégie de Gay (ou la stratégie de vitesse (*velocity strategy*)). Il y a variation des patrons temporels en variation de débit mais les patrons

fréquentiels varient très peu. Ils ont un bon contrôle moteur mais moins fin que LI et CH en contrainte de débit.

- SA et NA se trouvent entre les deux cas : ils font varier leurs patrons temporels et leurs patrons fréquentiels en variation de débit, donc, ce sont ceux qui font le plus d'efforts pour atteindre leurs cibles acoustiques. Cela laisse à supposer qu'ils ont un mauvais contrôle moteur en contrainte de débit.

Les résultats obtenus dans cette étude nous ont permis de dégager les stratégies adoptées en langue seconde par six locuteurs, en utilisant comme paradigme de recherche le débit d'élocution ; cependant, pour que ces résultats soient plus robustes, il serait intéressant :

- de faire la même étude sur la langue maternelle de chaque locuteur et de vérifier si les stratégies employées pour leur langue première sont les mêmes que pour la langue seconde (l'arabe littéral) en contrainte de débit.

- d'augmenter le nombre de locuteurs (ici 6).

- de changer la langue seconde afin de voir si les mêmes stratégies sont adoptées par les locuteurs pour d'autres langues secondes.

Par ailleurs, la méthodologie développée dans cette étude pourrait être appliquée à d'autres types de contraintes artificielles pour viser d'autres objectifs, et permettre l'analyse de parole pathologique par le biais des patrons temporels et fréquentiels du signal acoustique.

REFERENCES

- [1] Gay, T. 1978. "Effects of speaking rate on vowel formant movements". *Journal of the Acoustical Society of America* 63(1):223-230.
- [2] Lindblom, B. (1983), *Economy of Speech Gestures*, vol. The Production of Speech, Spinger-Verlag, New-York.
- [3] Perkell, J. S., M. L. Matthies, M. A. Svirsky et M. I. Jordan. 1993. «Trading relations between tongue-body raising and lip rounding in production of the vowel /u/: A pilot "motor equivalence" study». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 93, no 5, 2948-2961.
- [4] McFarland, D. H., S. R. Baum et C. Chabot. 1996. «Speech compensation to structural modifications of the oral cavity».

- Journal of the Acoustical Society of America, vol 100, no2,p.1093-1104.
- [5] Perkell, J. S., F. H. Guenther, H. Lane, M. Matthies, P. Perrier, J. Vick, R. Wilhelms-Tricarico et M. Zandipour. 2000. «A theory of speech motor control and supporting data from speakers with normal hearing and with profound hearing loss». *Journal of Phonetics*, vol. 28, p. 233-272.
- [6] Jones, J. A et K. G. Munhall. 2003. «Learning to produce speech with an altered vocal tract:The role of auditory feedback». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol.113, no 1, p. 532-543.
- [7] Gendrot, C. and Adda-Decker, M. (2004), “Analyses formantiques automatiques de voyelles orales : évidence de la réduction vocalique en langues française et allemande”, in *MIDL*.
- [8] Jérôme Aubin; « Effets acoustiques et articulatoires des perturbations labiales sur la parole des enfants et des adultes ». Université du Québec à Montréal. Décembre 2005.
- [9] V. Ferbach-Hecker. La résistivité de la qualité des voyelles orales du français. In *SCOLIA*, volume 20, pages 115-134, 2005.
- [10] Fabrice Hirsch. « Étude de la structure formantique des voyelles produites par des locuteurs bègues en vitesses d'élocution normale et rapide » 2005. Institut de Phonétique de Strasbourg – E.A. 1339 – LiLPa -Composante Parole et Cognition - Université Marc Bloch
- [11] Lane, H., M. Denny, F. H. Guenther, M. Matthies, L. Ménard, J. S. Perkell, E. Stockmann, M. Tiede, J. Vick et M. Zandipour. 2005. «Effects of bite blocks and hearing status on vowel production». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol.118, no 3, p. 1636-1646.
- [12] Beller, G., Schwarz, D., Hueber, T. and Rodet, X. (2006), “Speech rates in french expressive speech”, in *Speech Prosody*, SproSig, Dresden: ISCA
- [13] A.Calabrino. « Effets acoustiques du débit sur la production de la parole chez des locuteurs enfants et adultes ». Actes du Xe Colloque des étudiants en sciences du langage : 61-83, 2006
- [14] Fabrice Hirsch, Véronique Ferbach-Hecker, Florence Fauvet & Béatrice Vaxelaire. « Étude de la structure formantique des voyelles produites par des locuteurs bègues en vitesses d'élocution normale et rapide ». Jep 2006
- [15] Grégory Beller. « Influence de l'expressivité sur le degré d'articulation ». Actes des VIIèmes RJC Parole, Paris, 5 et 6 juillet 2007. Page 24 IRCAM - Institut de Recherche et Coordination Acoustique Musique.

NOTICE

The Board of Directors is proposing a bylaw change for the date of the financial year-end from August 31st to June 30th to facilitate management of the Association, as indicated during the 2008 Annual General Meeting (AGM) in Vancouver on Oct. 7 and in the minutes of the AGM posted in the December issue of Canadian Acoustics. Final debate and voting on this issue will take place during the 2009 AGM in Niagara-on-the-Lake on Oct. 15th.

AVIS

The Comité de Direction désire modifier la fin de l'année financière du 30 juin au 31 août pour faciliter la gestion de l'Association. Cette proposition de changement aux statuts de l'association a été annoncée lors de l'Assemblée générale annuelle le 7 octobre 2008 à Vancouver et le procès-verbal de cette Assemblée a été publié dans l'édition de décembre de l'Acoustique Canadienne. Un débat et vote final sur cette question aura lieu lors de la prochaine Assemblée générale annuelle à Niagara-on-the-Lake, le 15 octobre 2009.

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:

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

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:

Noise Pollution

The SLARM™ Solution



**PDA & Laptop
Displays
Wired
Wireless**

The **SLARM™** developed in response to increased emphasis on hearing conservation and comfort in the community and workplace incorporates **ACOustAlert™** and **ACOustAlarm™** technology. Making the **SLARM™** a powerful and versatile sound monitoring/alarm system.

Typical Applications Include:

Community

- ◆ Amphitheaters
- ◆ Outdoor Events
- ◆ Nightclubs/Discos
- ◆ Churches
- ◆ Classrooms

Industrial

- ◆ Machine/Plant Noise
- ◆ Fault Detection
- ◆ Marshalling Yards
- ◆ Construction Sites
- ◆ Product Testing

FEATURES

- ✓ **Wired and Wireless (opt)**
- ✓ **USB, Serial, and LAN(opt) Connectivity**
- ✓ **Remote Displays and Programming**
- ✓ **SPL, Leq, Thresholds, Alert and Alarm**
- ✓ **Filters (A,C,Z), Thresholds, Calibration**
- ✓ **Multiple Profiles (opt)**
- ✓ **100 dB Display Range:**
- ✓ **20-120 dBSPL and 40-140 dBSPL**
- ✓ **Real-time Clock/Calendar**
- ✓ **Internal Storage: 10+days @1/sec**
- ✓ **Remote Storage of 1/8 second events**
- ✓ **7052S Type 1.5™ Titanium Measurement Mic**



2604 Read Ave., Belmont, CA 94002 Tel: 650-595-8588 FAX: 650-591-2891
www.acopacific.com acopac@acopacific.com

ACOustics Begins With ACO™

ASSESSING THE FIELD IMPACT SOUND INSULATION PROVIDED BY FLOOR COVERINGS IN CONCRETE CONDOMINIUM BUILDINGS

MICHEL MORIN

Mjm Acoustical Consultants Inc.
6555 Côte des Neiges, bureau 440
Montréal, (Québec) H3S 2A6, CANADA
E-mail: mmorin@mjm.qc.ca

ABSTRACT

Several regulations and co-property acts allow condominium owners to install hard floor coverings provided that a minimum impact sound isolation rating is achieved. Many construction professionals recommend such surfaces based on tests performed using the procedures described in ASTM E 492 or ASTM E 1007. During the present study, thirty-five bare concrete slabs with thicknesses ranging from 200 to 250 mm (8 to 10 in.) were randomly tested in different buildings in Montreal using the procedures outlined in ASTM E 1007. The large variations noted in the measured NISPLs and FIIC ratings suggest that the results of tests made in strict conformance with ASTM E 1007 are anecdotal and cannot be used by acousticians and construction professionals to predict the impact noise isolation provided by a floor covering installed on a “typical” 200 mm (8 in.) to 250 mm (10 in.) thick concrete slab. This paper presents the results of these measurements and proposes a statistical approach to predict the probability that a floor installed on a typical 200 to 250 mm thick concrete slab will achieve the noise isolation target set forth in the regulation, or in the co-property act (usually FIIC 55 in Canada and FIIC 50 in USA).

RÉSUMÉ

Plusieurs textes de loi ou actes de copropriété d'édifices de condominiums réglementent l'installation des surfaces de plancher dures dans les logements en spécifiant le degré d'isolation des bruits d'impact que doivent fournir ces revêtements. Les professionnels de la construction et les acousticiens qui sont mandatés pour recommander les modes d'installation les plus susceptibles d'atteindre les indices d'isolation des bruits d'impact visés se basent le plus souvent sur les résultats d'essais effectués conformément aux normes ASTM E 492 et E 1007. Au cours de la présente étude, des essais d'isolation des bruits d'impact ont été effectués sur trente-cinq dalles de béton sans revêtement de plancher choisies au hasard dans différents édifices de Montréal, en suivant les prescriptions de la norme ASTM E 1007. Les variations importantes notées dans les NISPLs et les indices de transmission des bruits d'impact FIIC suggèrent que les résultats d'essais effectués selon l'ASTM E 1007 sur des revêtements de plancher installés sur une dalle de béton de 200 à 250 mm (8 à 10 po) d'épaisseur, sont anecdotiques et qu'ils ne sont d'aucune utilité pour prédire l'isolation des bruits d'impact que procurera un revêtement de plancher installé sur une dalle de béton typique de 200 mm (8 po) à 250 mm (10 po) d'épaisseur. Cet article présente les résultats des essais d'isolation des bruits d'impact effectués et propose une approche statistique pour prédire le pourcentage de probabilité qu'a un revêtement de plancher d'atteindre l'objectif d'isolation des bruits d'impact imposé par la réglementation ou l'acte de copropriété de l'immeuble (en général FIIC 55 au Canada ou FIIC 50 aux États-Unis).

INTRODUCTION

Several regulations and co-property acts allow condominium owners to install hard floor coverings provided that a minimum impact sound isolation performance is achieved. The minimum rating required is expressed in terms of Impact Insulation Class (IIC) measured in accordance with ASTM E 492¹ or Field Impact Insulation Class (FIIC) measured in accordance with ASTM E 1007². At the moment, the National Building Code of Canada does not regulate the impact insulation required between two dwellings but suggests IIC 55³ as a minimum. In the United States, many regulations impose IIC 50 as a minimum rating to be achieved by floor/ ceiling

assemblies separating two dwellings of a condominium or apartment building. In many instances, the co-property administration selects the acoustical membrane on which the hard washable floor finishes (wood slats or tiles made of ceramic, marble, stone or granite) must be installed, based on the results of impact insulation tests performed in accordance with References 1 and 2 on a floor structure similar to that of the building, most often a 200 mm to 250 mm (8 to 10 in.) thick concrete slab. In some buildings an impact noise isolation test conducted as per ASTM E 1007 is required after the floor is installed to ascertain that the criterion has in fact been met; in the event that the minimum FIIC rating required by the co-property is not met, a co-owner could be forced

to cover the newly installed floor with carpet, or to have it replaced at his or her expense.

In the last 40 years the method for measuring impact noise isolation in North America has not changed much: a standardized impact generator designed to sequentially drop five 0.5 kg hammers from a height of 40 mm above the floor at a rate of ten impacts per second is installed on the floor/ceiling assembly to be tested and the Impact Sound Pressure Levels (ISPLs) are measured in the room located below for the 1/3rd octave bands whose center frequencies range from 100 Hz to 3150 Hz. These levels are then normalized as a function of 10 metric sabins to obtain the Normalized Impact Sound Pressure Levels (NISPLs). The first single number rating used to rate impact insulation was the Impact Noise Rating (INR); it was replaced in 1970 by the Impact Insulation Class (IIC), which is calculated as described in ASTM E 989⁴ and which is still in use today.

Most condominium administrators and many construction professionals including acousticians are still under the impression that one can predict the impact insulation provided by a floor covering installed on a typical 200 mm concrete slab or from tests performed using the procedures in ASTM E 492 or ASTM E 1007. Intuitively, one would expect that similar structures should provide similar impact insulation: for instance, if a floor covering installed on the 200 mm (8 in.) thick concrete slab of a given project tested FIIC 55, it is expected that the same floor covering should provide approximately the same rating when installed on the 200 mm (8 in.) concrete slab of a different concrete building. As it will be demonstrated in this paper, this does not seem to be the case.

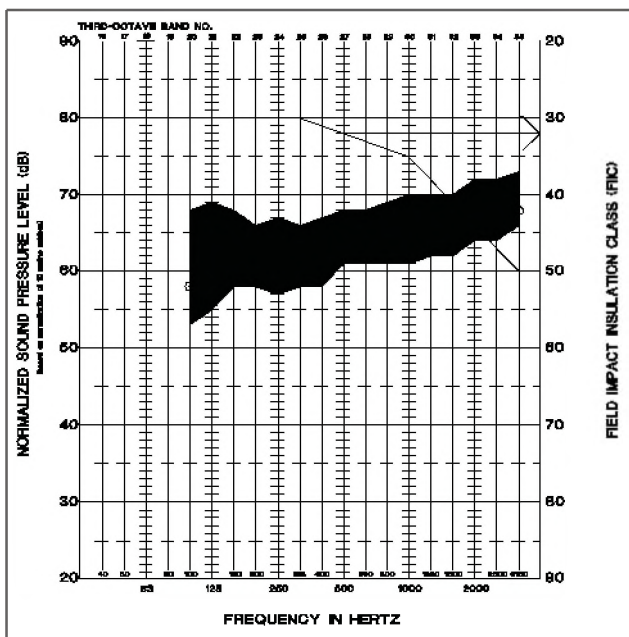


Figure 1. Average Normalized Impact Sound Pressure Levels (NISPLs) and range between the maximum and minimum NISPLs measured on eight concrete slabs varying in thickness from 200 to 250 mm (8 to 10 in.).⁵

FIELD MEASUREMENT

During a research project⁵ completed in 2002 which was aimed at validating noise isolation criteria in condominiums buildings, significant variations were observed in field measurements performed on eight 200 to 250 mm (8 to 10 in.) bare concrete slabs with no ceiling underneath. The spread in the Normalized Impact Sound Pressure Levels provided by these eight concrete slabs appears in Figure 1. The Field Impact Insulation Class (FIIC) rating measured on these nominally identical concrete slabs varied from FIIC 27 to FIIC 34 with an average of FIIC 32. The shaded area on Figure 1 represents the range between the minimum and the maximum NISPL measured; the thick solid line is the average NISPL corresponding to a FIIC rating of 32.

These results provided incentive to collect more data on the impact noise insulation provided by bare concrete slabs: a bank of NISPLs measured as per ASTM E 1007 was created on a total of thirty-five bare concrete slab varying in thickness from 200 to 250 mm (8 to 10 in.), including the eight mentioned previously. Figure 2 below illustrates the average NISPLs, standard deviation, and range between the minimum and maximum NISPLs measured (an average of FIIC 33 with a spread of FIIC 24 to 39).

By comparing the data of Figures 1 and 2, one notes that the average NISPLs has not changed much (FIIC 33 vs FIIC 32); however, the spread of the data has increased very significantly. Figure 3 below shows the actual scattering of the NISPLs measured on the thirty-five concrete slabs tested.

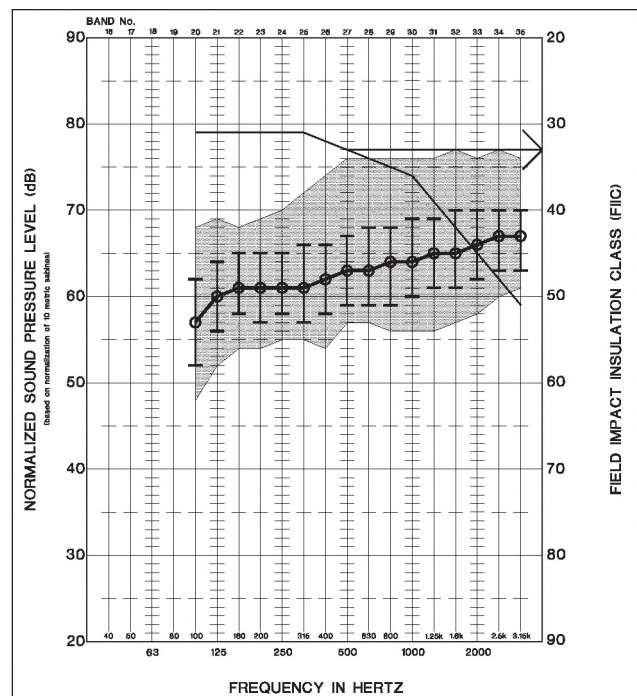


Figure 2. Average Normalized Impact Sound Pressure Levels, standard deviation and range between the minimum and the maximum NISPLs measured on thirty-five concrete slabs varying in thickness from 200 to 250 mm (8 to 10 in.).

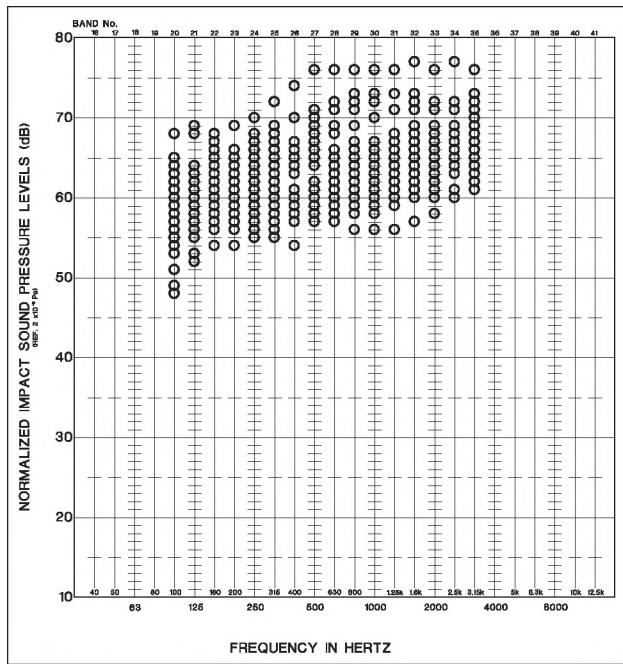


Figure 3. Scattering of the Normalized Impact Sound Pressure Levels measured on thirty-five concrete slabs varying in thickness from 200 to 250 mm (8 to 10 in.)

ASSESSING THE FIELD IMPACT NOISE ISOLATION PERFORMANCE USING A STATISTICAL APPROACH

During the course of this study, a spreadsheet was created to calculate the impact insulation performance provided by a floor covering installed on a 200 mm (8 in.) to 250 mm (10 in.) concrete slab using the NISPLs plotted in Figures 2 and

3, and the impact noise insertion loss provided by the floor covering itself such as that measured in laboratory conditions as per ASTM E 21796. This spreadsheet evaluates the FIIC rating which one would measure if the floor covering were to be installed on a slab with the average NISPLs plotted in Figure 2. It also calculates the FIIC ratings using the minimum and maximum NISPLs measured, and those obtained if the floor covering were installed on each of the thirty-five slabs measured, and displays the statistical distribution of the FIIC ratings calculated with the probability of attaining a specific rating. An example of the output of this spreadsheet for a typical 3/8" thick engineered wood floor on a thin "acoustical membrane" is shown in Figure 4 below, using a target rating of FIIC 55.

As can be seen in Figure 4, the statistical distribution approach allows to realistically predict the performance of a floor covering, when installed on an 200 to 250 mm (8 to 10 in.) thick concrete slab, and to rule out any floor covering which owes its high (or low) FIIC rating to the slab on which it was tested. In this specific example, the FIIC which would be obtained for the floor covering on an average slab is FIIC 58 while the probability of meeting the FIIC 55 target is 77% given the variations in the NISPL and FIIC ratings of the thirty-five bare concrete slabs used to perform the evaluation. The maximum and minimum FIIC ratings calculated for this specific floor covering are respectively FIIC 64 and FIIC 49 leading to a spread of 15 points, the same as that measured for the bare concrete slabs.

DISCUSSION

Figure 5 compares the average field NISPL curve obtained in this study for a 200 to 250 mm (8 to 10 in.) bare concrete slab to the NISPLs of the ASTM E 2179 reference floor.

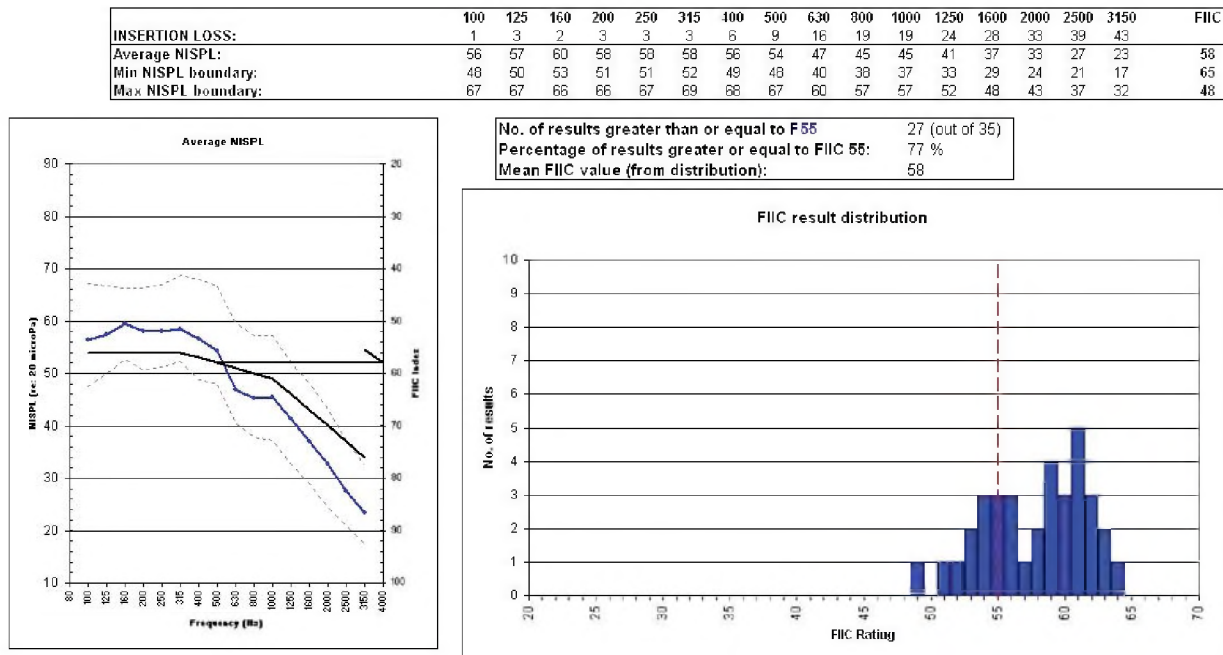


Figure 4. Example of a FIIC Statistical distribution analysis.

As can be seen the average NISPLs collected on site during this study are substantially lower than those listed in Table 1 of the ASTM E 2179 standard; this implies that the IIC ratings provided by floor coverings in real conditions should be substantially better than those calculated using the ASTM E 2179 reference slab.

CONCLUSIONS

During this very preliminary study, important variations were noted in the field NISPLs measured on thirty-five 200 to 250 mm (8 to 10 in.) thick structural concrete slabs; further research is required to determine the factors responsible for these variations. Such variations tend to demonstrate that single tests made in strict conformance with ASTM E 1007 are anecdotal and cannot allow acousticians and construction professionals to assess the impact noise isolation that a floor sample composed of a hard surface installed on an acoustical membrane will provide in new concrete constructions. To determine the impact noise isolation efficiency of an “acoustical” floor covering installed on a concrete slab, it is mandatory to first measure the impact noise isolation provided by the concrete slab and then to test the floor covering on the same concrete slab to obtain the impact noise insertion loss provided by the floor covering. This procedure can be done in real conditions or in laboratory conditions using the proce-

dures listed in ASTM E 2179.

For buildings not yet constructed, one can use the NISPL data collected on a relatively large number of bare concrete slabs to statistically determine the probability that the building impact noise isolation criteria will be met using a specific floor covering composed of a hard washable surface installed on an acoustical membrane. For new projects, it is the author’s opinion that the floor coverings recommended to potential condominium buyers should offer a minimum of 75%, and preferably a 90% probability of reaching the targeted impact noise isolation rating.

Impact noise is a primary complaint of condominium owners. Further research is needed to investigate the impact insulation provided by floor structures in concrete, steel and wood construction. There is a need for developing a data bank on the field NISPLs measured on support structures most often encountered in the condominium construction industry to allow for the determination of the probability that a floor covering will meet the impact noise isolation targeted, whether regulatory or simply a recommendation.

The ASTM E 1007 standard is an acceptable procedure to verify that a floor/ceiling assembly complies with the impact noise isolation requirements of a co-property. However, as demonstrated in this study, results of tests performed on floor coverings in accordance with this standard without prior testing of the bare slab on which the floor covering is installed should not be used by acousticians, construction professionals, and condominium administrators, for the purpose of selecting floor coverings meeting the impact noise isolation criteria of a condominium building.

REFERENCES

- 1 ASTM E 492 Standard Test Method for Laboratory Measurement of Impact Sound Transmission Through Floor-Ceiling Assemblies Using the Tapping Machine
- 2 ASTM E 1007 Standard Test Method for Field Measurement of Tapping Machine Impact Sound Transmission Through Floor-Ceiling Assemblies Associated Support Structures
- 3 NBC of Canada Appendix A, article A-9.11.1.1. 1)
- 4 ASTM E 989 Standard Classification for Determination of Impact Insulation Class (IIC)
- 5 MJM Conseillers en Acoustique Inc. : “Projet de recherche sur la qualification du degré de confort acoustique procuré par les immeubles multilogements phase II”, Montréal, 17 décembre 2002, recherche externe SCHL. (available only in French)
- 6 ASTM E 2179 Standard Test Method for Laboratory Measurement of the Effectiveness of Floor Coverings in Reducing Impact Sound Transmission Through Concrete Floors

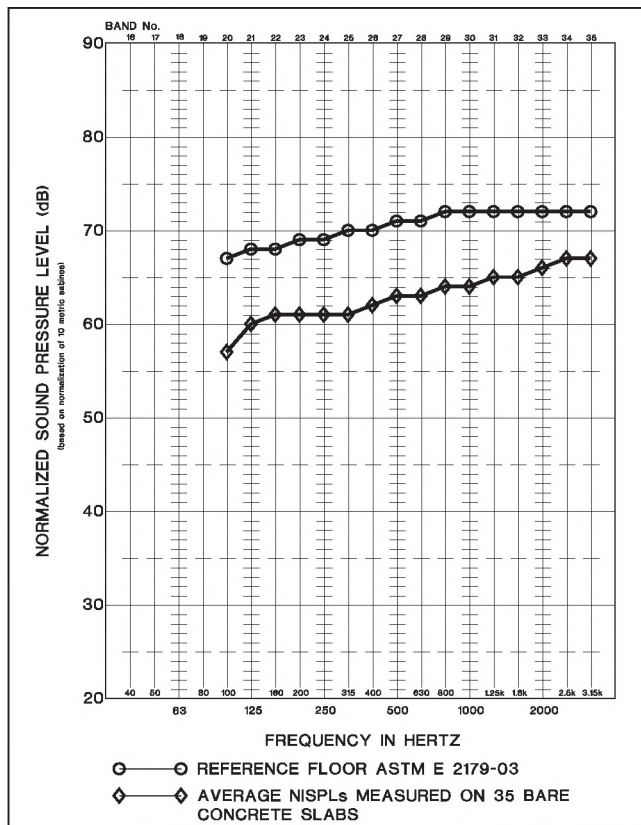


Figure 5. Comparison between Normalized Impact Sound Pressure Levels assumed for the reference floor (from table 1 of ASTM E 2179-03) and average NISPLs measured on thirty-five concrete slabs varying in thickness from 200 to 250 mm (8 to 10 in.)

TUBE WAVE ANALYSIS OF BURIED PIPES

N. M. Alam Chowdhury^{*1}, Z. Liao², L. Zhao¹ and C. T. Yang³

¹Dept of Electrical & Computer Engineering, Ryerson University, Canada

²Dept of Architectural Science, Ryerson University, Canada

³School of Information & Electronic Engineering, Zhejiang University of Science & Technology, China
e-mail: m9chowdh@ryerson.ca

ABSTRACT

Acoustic wave propagation of wire-break related events (WRE) in fluid-filled prestressed concrete cylinder pipes (PCCP) are of interest in non-destructive pipe detection. The mathematical model is developed based on Navier's equation of motion for the acoustic wave propagation. Newton's law of motion in equilibrium is used to model fluid-structure interaction. The analysis of acoustic pressure effect on pipe structure is developed by the principle of virtual work. To understand the characteristics of WRE vibration and the impact of path on the vibration signal, the dispersion behaviour of wave propagation is analyzed for various pipe profiles. It is observed that the speed of waves traveling in the fluid surrounded by the finite stiffness pipe profile is lower than the actual speed of acoustic waves of WRE signal in the unbounded fluid or fluid surrounded by infinite stiffness medium. Finite-element based software is used to simulate the results, which are compared with the available theoretical solutions.

RÉSUMÉ

La propagation d'onde acoustique de fil-cassent (wire break) les événements relatifs (WRE) dans des pipes remplies de fluide de cylindre de béton contraint d'avance (PCCP) sont d'intérêt pour la détection non destructive de pipe. Le modèle mathématique développé est basé sur l'équation du mouvement de Navier pour la propagation d'onde acoustique. La loi de Newton du mouvement dans l'équilibre est employée pour modéliser l'interaction de fluide-structure. L'analyse structurale de l'effet acoustique de pression sur la structure de pipe est expliquée par le principe du travail virtuel. Pour comprendre les caractéristiques de la vibration de WRE et l'impact du chemin sur la vibration signale, le comportement de dispersion de la propagation des ondes est analysé en utilisant divers profils de pipe. On l'observe que la vitesse des vagues voyageant dans le fluide entouré par le profil fini de pipe de rigidité est inférieure que la vitesse réelle des ondes acoustiques du signal de WRE en fluide illimité ou fluide entouré par milieu infini de rigidité. Le logiciel est employé pour simuler les resultants.

1. INTRODUCTION

The vibration signal generated by acoustic emission (AE) of WRE in PCCP is related to deterioration and passes through a number of media, such as pipes, water and surrounding media, before the signal is picked up by the sensors. This wave propagation can be modeled as the convolution of the WRE signal and the impulse response of the pipe. The impulse response of the pipe is dependent on water flow, diameter, thickness and stiffness of the pipe, and surrounding media. Since the PCCP has a cylindrical shape, the acoustic wave received by the hydrophone and/or accelerometer can be considered as the superposition of the different delayed version of WRE signal due to multipath propagation. Therefore, it is important to understand how the path physically affects the signal.

At low frequencies, where the wavelengths are much larger than the pipe radius, the Stoneley or tube mode is the only propagating mode with plane wavefronts in the fluid [1-8]. Hence, the plane wave propagation is used to measure the impact of path on the WRE signal. However at high frequencies, Rayleigh or shear modes exist which exhibit oscillatory amplitudes in the fluid and a decaying

amplitude in the pipe and surrounding medium. Therefore, care should be taken during the simulations to avoid excitation of higher-order modes for meaningful results.

Different methods [9-20] had been developed for the detection of wire failure and to locate the corroded areas. A large body of work exists that analyze the guided wave propagation through cylindrical pipe. These are mainly focused on guided wave (e.g. harmonic wave, axisymmetric and non-axisymmetric waves, multimode wave, lamb and love wave, ultrasonic wave, leaky wave, etc.) propagation through elastic, non-elastic, coated, non-coated, hollow and fluid-filled circular cylinder surrounded by fluids or solids [21-34].

This research goes beyond the previous works and emphasizes the effect of the path to appropriately model the impacts of the path on the spectral profiles of the vibration signals in different locations throughout the PCCP. An acoustical model is developed from Navier's equation of motion which can simulate vibrating WRE signal propagation through fluid-filled PCCP. The interaction of this propagation with the pipe structure is modeled by using Newton's law of motion in equilibrium. The principle of virtual work is used to develop the fluid-structure

interaction. The effect of the path is illustrated by tube wave analysis with different pipe profiles. The finite-element based commercial software is used to simulate the results which are then compared with the available theoretical results.

2. MODEL FORMULATION

The AE generated by wire break or slip (Fig.1) creates high frequency mechanical waves, which would immediately propagate along the pipe structure. This signal would also readily propagate into the pressurized fluid in the pipe at lower frequencies [35]. The PCCP structure mainly consists of concrete and steel components, which are highly attenuative compared to the fluid (water). For typical AE levels, the WRE signal that transmitted to the fluid column can be detected for several hundreds, perhaps thousands of feet [35]. On the contrary, in the pipe structure signals can travel only 100 to 200 feet for the same AE levels before they become strongly attenuated. However, for the sake of computational brevity, the analysis will be done assuming that the WRE signal starts to propagate from the fluid-pipe interface surface through fluid column only, which then interacts with the pipe wall. For the complete modeling of this propagation, applying the Navier's equation of motion is the most suitable approach.

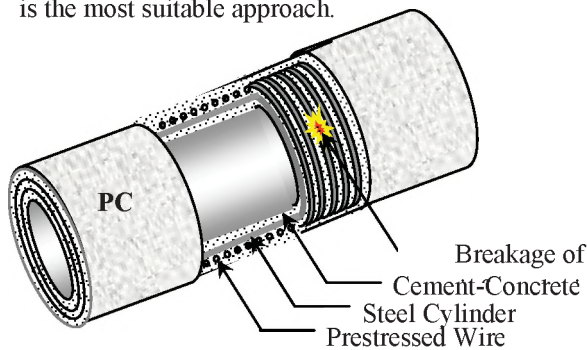


Figure 1. Illustrated view of PCCP construction and breakage of reinforced wire.

For a homogeneous isotropic elastic medium, the Navier's equation of motion is [36]

$$\mu \nabla^2 \mathbf{u} + (\lambda + \mu) \nabla (\nabla \cdot \mathbf{u}) = \rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2}, \quad (1)$$

where \mathbf{u} is the time harmonic displacement field vector, μ and λ are the Lamé constants and ρ is the density of the medium.

The vector \mathbf{u} can be decomposed into scalar ϕ and vector $\boldsymbol{\psi}$ velocity potential as

$$\mathbf{u} = \nabla \phi + \nabla \times \boldsymbol{\psi}, \quad (2)$$

with the constraint [37]

$$\nabla \cdot \boldsymbol{\psi} = 0. \quad (3)$$

Substituting Eq.(2) into (1) and using vector identity yields

$$\nabla \left[(\lambda + 2\mu) \nabla^2 \phi - \rho \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} \right] + \nabla \times \left[\mu \nabla^2 \boldsymbol{\psi} - \rho \frac{\partial^2 \boldsymbol{\psi}}{\partial t^2} \right] = 0. \quad (4)$$

The displacement Eq.(2) satisfies the equation of motion (4) if ϕ and $\boldsymbol{\psi}$ satisfy the following wave equations [38]

$$\nabla^2 \phi - \frac{1}{v_1^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = 0, \quad (5)$$

$$\nabla^2 \boldsymbol{\psi} - \frac{1}{v_2^2} \frac{\partial^2 \boldsymbol{\psi}}{\partial t^2} = 0, \quad (6)$$

where

$$v_1 = \left[\frac{\lambda + 2\mu}{\rho} \right]^{1/2} \quad \text{and} \quad v_2 = \left[\frac{\mu}{\rho} \right]^{1/2}. \quad (7)$$

Eqs.(5) and (6) represents the longitudinal and shear wave equations where v_1 and v_2 represents the longitudinal and shear wave velocities of the medium, respectively.

2.1 Acoustic Pressure in the Fluid

The pressure (p) distribution of WRE signal for uniform flow in a lossless fluid can be expressed by using the pressure-velocity relation in Eq.(5) alone as

$$\frac{1}{\rho_F v_F^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} + \nabla \cdot \left(-\frac{1}{\rho_F} \nabla p \right) = 0, \quad (8)$$

where ρ_F is the fluid density and v_F is the speed of acoustic wave in the fluid medium.

The source that is of our interest in this model is the elastic energy that is stored in the prestressed wire of PCCP structure and released due to the breakage or slippage of the wire. The released energies appear as an AE of WRE signal [39]. The source of WRE signal on the fluid from the fluid-pipe interface is modelled as [40-42]

$$\mathbf{g} = \frac{\partial S}{\partial t} \delta^{(3)}(\mathbf{x} - \mathbf{x}'), \quad (9)$$

where S is the source flow strength that obtained from released elastic energy density, $\delta^{(3)}$ is the 3D Dirac delta function and \mathbf{x}' is the source location. Eq.(8) can be written as

$$\frac{1}{\rho_F v_F^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} + \nabla \cdot \left(-\frac{1}{\rho_F} \nabla p \right) = \mathbf{g}. \quad (10)$$

Eq.(10) represents the equation of WRE signal propagation through fluid-filled PCCP.

2.2 Fluid-Structure Interaction

The WRE signal that propagates through the fluid column appears as acoustic wave pressure on the pipe wall of the fluid-pipe interface and generates only small displacements. Since the pipe structure is much stiffer than the fluid, it will interact without causing separation or voids, which means that the radial displacements and pressure at the fluid-structure interfaces must be compatible and in equilibrium. Newton's law of motion in equilibrium is used to model this fluid-structure interaction.

2.2.1 Newton's Law of Motion in Equilibrium

The acoustic pressure force that acts on the pipe structure can be written as [42]

$$F_j = -n_j p, \quad (11)$$

where \mathbf{n} is the outward-pointing unit normal vector.

In equilibrium, the total work done in the pipe structure due to the displacements is equal to the work from external pressure forces. These forces undergo unrelated but consistent displacements and deformations, which can be expressed in terms of stresses as

$$F_j = -\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_i}, \quad (12)$$

where σ is the symmetric stress tensor consisting of normal and shear stresses and F is the body forces due to the external acoustic pressure acts in three principal directions. Eq.(12) represents the Newton's law of motion in equilibrium.

2.2.2 Principle of Virtual Work

The structural analysis of the fluid-structure interaction throughout the pipe structure can be explained by the Principle of Virtual Work (PVW). In this case, the virtual work on the pipe structure is the work resulting from acoustic wave's real pressure forces on the pipe, acting through a virtual displacement in terms of translation or rotation.

Let us consider an elastic and isotropic pipe structure with deformable body which consists of infinitesimal cubes as shown in Fig.2. Figure 2(a) shows external surface forces F^T , body forces F and internal stresses σ in equilibrium and Fig.2(b) shows continuous displacements \mathbf{u} and consistent strains ϵ .

The total virtual work (W_T) done by stresses or all forces, such as $F' = \sigma dydz$ (acts on individual common faces) and $F'' = \left(\sigma + \frac{\partial \sigma}{\partial x} dx \right) dydz$ (acts on other faces)

as shown in Fig.2(c), acting on the faces of all cubes which undergo unrelated but consistent [43] displacements and deformations can be written as [44]

$$W_T = -u_j F_j' + \left(u_j + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} dx_i \right) F_j'' \quad (13)$$

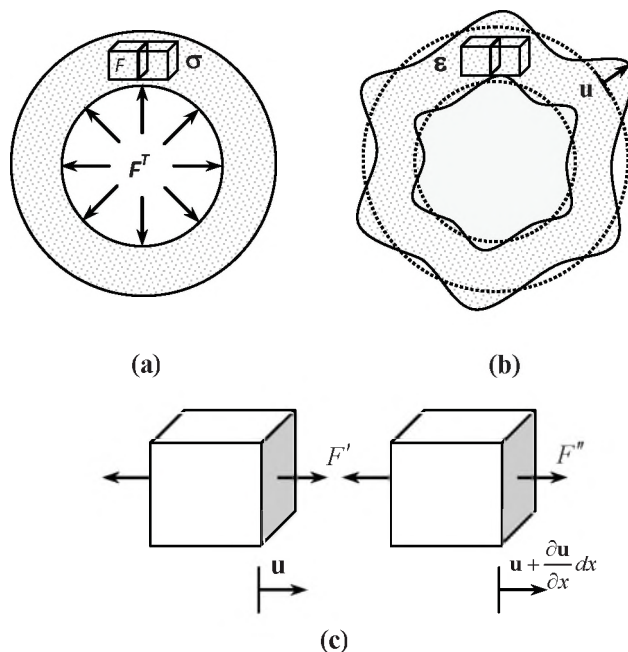


Figure 2. Virtual work on pipe structure, (a) Surface and body forces and stresses in equilibrium, (b) Consistent deformations and displacements, (c) Forces and displacements on cube faces.

By using Newton's second law of motion in equilibrium Eq.(12) and neglecting second order term, Eq.(13) can be written as

$$W_T \approx \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \sigma_{ij} dv + u_j \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_i} dv = (\epsilon_{ij} \sigma_{ij} - u_j F_j) dv. \quad (14)$$

In Eq.(14), σ_{ij} and ϵ_{ij} are the normal and shear stress and strain distribution, respectively, within the deformed body, u_j and F_j are the displacements and body forces, respectively, acting in the three principal global directions. By taking the volume integral of Eq.(14) over the whole body, the PVW of surface and body forces can be expressed as

$$\int_s u_j F_j^T ds + \int_v u_j F_j dv = \int_v \epsilon_{ij} \sigma_{ij} dv. \quad (15)$$

In Eq.(15), the principle of virtual work states that the equilibrated stresses and body forces undergo unrelated but consistent displacements and strains only when internal virtual work is equal to the external virtual work. This satisfies the Newton's law of motion in equilibrium.

2.3 Displacement in the Structure

The Navier's equation of equilibrium in the pipe structure in terms of displacement vector \mathbf{u} can be obtained using stress-strain and strain-displacement relationships in Eq.(12). The stress-strain and strain-displacement relations for this model

can be expressed as

$$\sigma_{ij} = C_{ijpq} \varepsilon_{pq}, \quad (16)$$

and

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right). \quad (17)$$

Here, C is the 6 x 6 elastic matrix which can be written as

$$C = \begin{bmatrix} (\lambda + 2\mu) & \lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & (\lambda + 2\mu) & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda & (\lambda + 2\mu) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu \end{bmatrix}, \quad (18)$$

$$\Rightarrow C_{ijpq} = \delta_{ij} \delta_{pq} \lambda + (\delta_{ip} \delta_{jq} + \delta_{iq} \delta_{jp}) \mu, \quad (19)$$

where μ and λ are Lamé constants defined on the basis of elastic modulus E and Poisson's coefficient ν as

$$\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}, \quad (20)$$

and

$$\lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)}. \quad (21)$$

For static case, using the above stress-strain relationship (Eq.16) and strain-displacement relationship (Eq.17) into Eq.(12), the displacement equation in the structure can be written as

$$\mathbf{F} = -\nabla \cdot (\mathbf{C} \nabla \mathbf{u}). \quad (22)$$

In case of transient analysis, Eq.(22) can be expressed as [42]

$$\mathbf{F} = \rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} - \nabla \cdot (\mathbf{C} \nabla \mathbf{u}). \quad (23)$$

Eq.(23) is used to calculate the displacement in the pipe structure due to acoustic pressure forces.

2.4 Tube Wave Analysis

The effect of path on low frequency WRE signal propagation can be illustrated by the tube wave analysis at different pipe profile. The characteristics of pipe profile mainly depend on dimensions and elastic properties of the pipe materials and the surrounding medium. The elastic waves that are generated in the pipe structure due to the AE signal depend on these characteristics. However, during the propagation this elastic wave is transmitted into the fluid and decreases the velocity of acoustic wave of WRE signal. This reduced wave is known as a 'Tube Wave.'

Mathematically, the expression for the tube wave (v_T) can be written as [45]

$$v_T = \left[\frac{1}{v_F^2} + \frac{\rho_F}{M_L} \right]^{-1/2}, \quad (24)$$

where

$$M_L = E_L \left[2(1+\nu_L) + \frac{D^2}{t(D+t)} \right]^{-1}, \quad (25)$$

and D is the diameter of the pipe, E_L , ν_L and t are the elastic (Young's) modulus, Poisson's ratio and thickness of the surrounding layered medium, respectively. The expression given in Eq.(24) is used to calculate the theoretical values of tube waves (v_T) of low frequency WRE signal, that propagate into the fluid-filled PCCP.

3. SOLUTION METHODOLOGY

In this paper, the numerical problem is solved for the pressure (p) distribution of WRE signals through the fluid-column only. During the solution, the fluid-structure coupling equations are used to simulate the effect of the surrounding medium into the acoustic pressure of the fluid. This section contains a general description of the numerical implementation steps, which are required for the simulation of any type of fluid-filled PCCP model.

3.1 Model Description

Consider a uniform and smooth circular pipe surrounded by soil formation and aligned along the x -direction. The base dimensions and the cross-sectional view of the model geometry are shown in Figure 3.

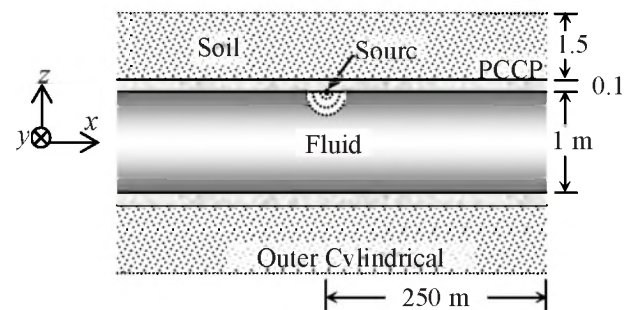


Figure 3. Cross-sectional view of model geometry.

For simplicity, consider a pipe structure of high-strength concrete only containing a stationary fluid medium. The simplification does not significantly impact the results of the analysis, but does result in a significant reduction in the computational resources [11]. Damping is absent in all media. The physical properties of the fluid (water) and surrounding solid materials are given in Table 1.

Table 1. Properties of the media.

Properties	Fluid (Water)	Concrete	Soil
Density of medium (ρ), kg/m ³	997	2400	1270
Speed of acoustic wave (v), m/s	1500	--	463
Elastic (Young's) modulus (E), Pa	--	40 ⁹	--
Poisson's ratio (ν)	--	0.33	--

3.2 Boundary Conditions

The boundary conditions that are applied to this model are as follows:

- i. continuity of pressure in the fluid to pipe structure,
- ii. continuity of acceleration in the pipe to fluid/soil medium, and
- iii. radiation condition in the outer model boundary.

The acoustic pressure (in the fluid domain) of WRE signal acts as a boundary load on the 3D solid pipe structure to ensure continuity of pressure. Mathematically this boundary condition can be expressed as [42]

$$\mathbf{F} = -\mathbf{n}_F p, \quad (26)$$

where \mathbf{n}_F is the outward-pointing unit normal vector seen from inside the pipe structure.

This boundary load acts as an external force on the fluid-pipe surface which causes consistent displacements and deformations inside the pipe structure. According to the principle of virtual work, the total work from stress-strains of the structure is equal to the work from external forces. To satisfy the Newton's second law of motion, these stresses and strains are calculated using the normal acceleration of the pipe surface at the fluid boundary which ensures the continuity of acceleration.

The mathematical expression for the acceleration is

$$\mathbf{a}_n = -\mathbf{n}_a \cdot \nabla \mathbf{u}', \quad (27)$$

where \mathbf{n}_a represents the outward-pointing unit normal vector seen from inside the acoustic domain and ($'$) represents the time derivative of displacement vector in three principal directions. Finally, the radiation boundary condition, i.e., no reflections from the boundary, is used on the outer perimeter of the model. Along the pipe axis, the radiation boundary condition is used with the plane wave propagation as [46],

$$\mathbf{n} \cdot \left(\frac{1}{\rho_F} \nabla p \right) + \frac{1}{\rho_F v_F} \frac{\partial p}{\partial t} = 0. \quad (28)$$

At the outer cylindrical surface, the radiation condition with the cylindrical wave propagation is used as [47],

$$\mathbf{n} \cdot \left(\frac{1}{\rho_F} \nabla p \right) + \frac{1}{\rho_F} \left(\frac{1}{v_F} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{1}{2r} p \right) = 0, \quad (29)$$

where r is the shortest distance between sources to the point of interest.

3.3 Model Discretization

For the numerical solution, it is necessary to discretize the model into small segments with a fixed wavelength that must be resolved. In addition, small features in the geometry and/or near the interface boundary or source vicinity model have high local pressure gradients that must be resolved appropriately to obtain a consistent global solution.

The finite element method (FEM) based analysis is used to handle this mathematical integrity and coupling equation between different physical layers. The FEM based simulation software COMSOL Multiphysics[®] is used to handle these complex issues. This software can handle the coupling effect of acoustic pressure from the fluid to the structure and the displacement from the structure to the fluid and the outer medium, efficiently. In this particular model, the second order polynomial basis functions are used to derive the discretized model. The maximum element size of 0.2λ (where wavelength $\lambda = v/f$) is used with the second-order element to satisfy the rule-of-thumb minimum of ten degrees of freedom per wavelength for a reliable solution [42].

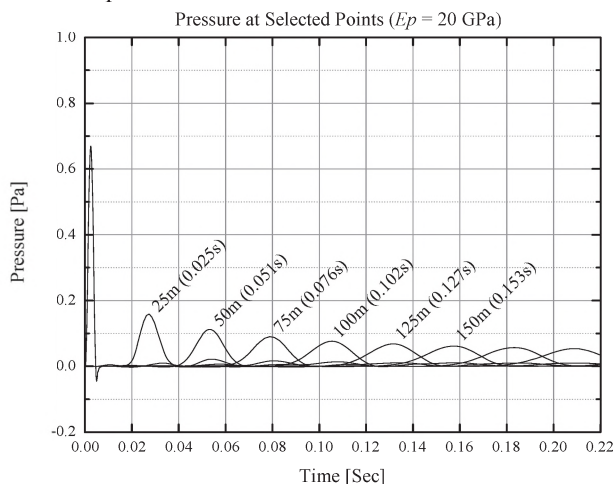
4 RESULTS AND DISCUSSION

The transient analysis of mathematical model outlined above is applied in two scenarios, namely water-filled pipe in air and in soil media. Commercial software COMSOL Multiphysics[®] is used to simulate the problem. During the simulation, different dimensions and stiffness of the layered media were investigated. This illustrates the effect of pipe profiling on tube mode propagation of WRE signal through water-filled PCCP. All simulations are done for the 0.2 kHz excitation frequency as this frequency is below the first cut-off frequency of the chosen pipe and the wavelength is greater than the diameter of the pipe for tube wave analysis [4]. The constant volume velocity source [48] is used with the source flow strength 1×10^{-2} m³/s, to optimize the result. In order to verify the simulation results with the calculated theoretical values from Eq.(24), the time response of the system is taken at selected points in the pipe - at 0m, 25m, 50m, 75m, 100m, 125m, 150m, 175m, 200m from source.

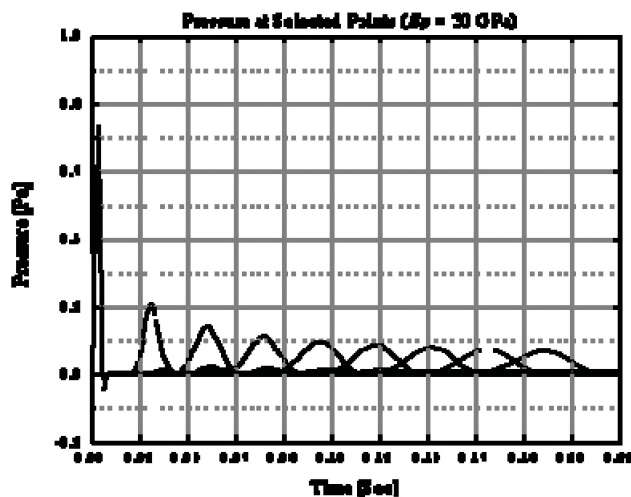
4.1 Effect of Pipe Elasticity

In this case we consider the water-filled pipe in air medium. The pipe with radius $R = 0.5$ m and thickness $t_p = 0.1$ m is used for this purpose. The elastic (Young's) modulus (E_p) of the pipe materials varies as 20GPa, 30GPa and 40GPa with densities (ρ_p), 2200 kg/m³, 2300 kg/m³ and 2400

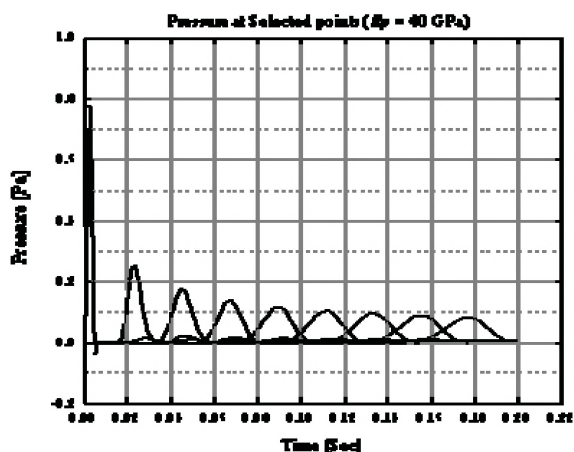
kg/m³, respectively. Other properties of the pipe and the fluid are kept constant as in Table-1.



(a) $E_p = 20\text{GPa}$ (calculated $V_T = 980\text{ m/s}$).



(b) $E_p = 30\text{GPa}$ (calculated $V_T = 1090\text{ m/s}$).



(c) $E_p = 40\text{GPa}$ (calculated $V_T = 1169\text{ m/s}$).

Figure 4. Tube wave response of water-filled PCCP (a) $E_p = 20\text{GPa}$, (b) $E_p = 30\text{GPa}$, and (c) $E_p = 40\text{GPa}$.

From Figure 4 it is seen that, the calculated theoretical tube wave velocities V_T , which is given below in each

graph, is matched with wave speed as seen in the simulation results. As for example in Fig.4(a), the calculated V_T is 0.98 km/s , therefore, the time required to travel the WRE signal from source to 50m distance is 0.051 sec , which is same as seen in the graph. Similarly, we can verify the simulation results for other distances.

From the results shown in Fig.4 we can also observed that, the propagation speed is reduced to a lower speed due to the tube wave effect [4], compared to the speed of the acoustic wave in the water (approximately 1500 m/s). The pipe stiffness increases with the increasing pipe elastic properties, which increases the wave's signal strength. This is the case because, the amount of signal energy penetration throughout the pipe structure decreases with the increasing pipe stiffness. Therefore, in all of the graphs above, it is clear that the WRE signal propagation in water-filled PCCP is affected significantly by the pipe properties.

4.2 Effect of Pipe Dimensions

To observe the effect of pipe dimensions, the variable dimensioned water-filled pipe in an air medium with fixed pipe properties ($E_p = 40\text{GPa}$, $\rho_p = 2400\text{ kg/m}^3$) is used.

In this case pipe thicknesses of $t_p = 0.1\text{m}$, 0.15m and 0.2m with a fixed pipe radius ($R = 0.5\text{m}$) is used. Next the pipe radius is varied as ($R = 0.5\text{m}$, 1.0m and 1.5m) with a fixed pipe thickness of $t_p = 0.1\text{m}$. The other properties of the pipe and the fluid medium are taken from Table 1. The results for the $R = 0.5\text{m}$ and $t_p = 0.1\text{m}$ pipe are same as the results shown in Figure 4(c) and for other dimensions results are shown in Figures 5 and 6, respectively.

It is seen from the Figures 5 and 6 that the simulation results of wave speed are in agreement with the theoretical calculated value given below in each graph. Moreover, from Figures 4(c) and 5, it is seen that increasing pipe thickness increases the stiffness, which increases tube wave speed. On the contrary from Figures 4(c) and 6, it can be seen that increasing the pipe radius decreases the system stiffness, resulting in a decreased tube wave speed. In both cases, signal strength decreases with the decreasing pipe stiffness. The important conclusion from this section is that WRE signal propagation in water-filled PCCP is affected by the pipe dimensions.

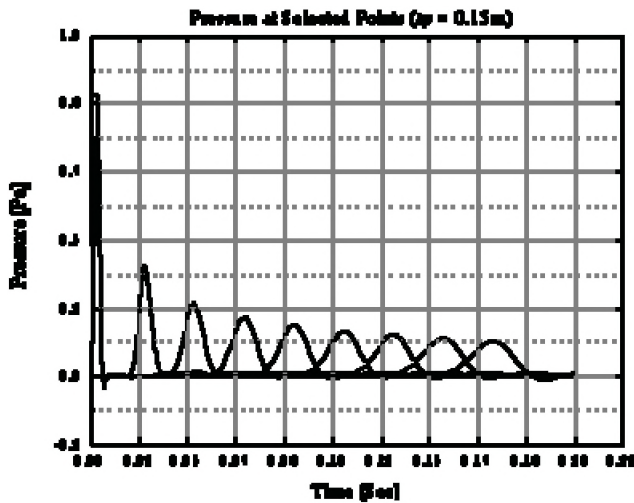
4.3 Effect of Soil Medium

Next, the effect of surrounding soil formation on water-filled pipes is explored. The thickness of the cylindrical soil layer (t_s) is taken as three time the pipe radius to optimize the results. All other variables, such as, pipe dimensions (e.g. $R = 0.5\text{m}$, $t_p = 0.1\text{m}$), pipe properties (e.g. $E_p = 40\text{GPa}$, $\rho_p = 2400\text{ kg/m}^3$), fluid properties (Table 1), etc. are kept as constants. Unlike the case of fluid or pipe material properties, the selection of soil properties cannot be known with same accuracy due to numerous uncertainties. The soil properties vary according to type and the depth of the pipe.

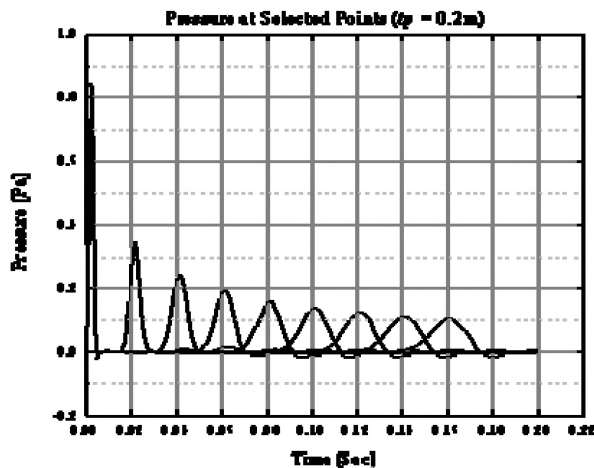
However, in this work the focus is the extent to which soil properties affect WRE signal propagation in water-filled PCCPs. Therefore, we choose three kinds of soil sample from the soil textural triangle [49], such as, Sandy Loam (Adrian soil), Silt Loam (Catlin soil) and Sand (Plainfield soil), to cover the wide range of soil elastic properties, shown in Table 2.

Table-2: Properties of the soil sample [50].

Soil Sample	Soil Series (Code)	Density (ρ_s), kg/m ³	Propagation Speed (v), m/s
Sandy Loam	Adrian (ADA)	920	373
Silt Loam	Catlin (CAB)	1270	463
Sand	Plainfield (PLA)	1510	634



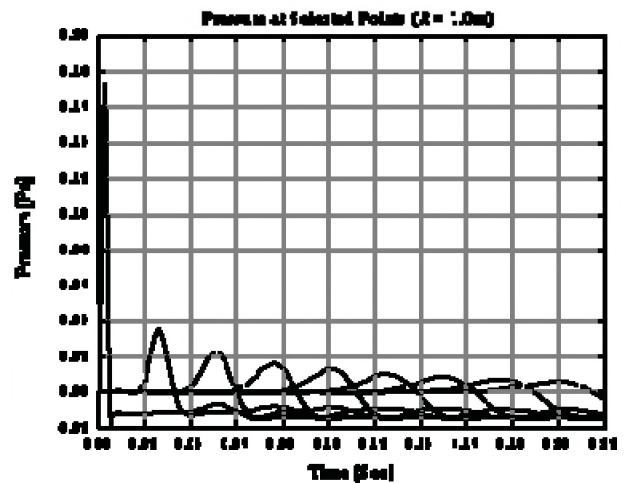
(a) $R = 0.5\text{m}$, $t_p = 0.15\text{m}$ (calculated $V_T = 1240\text{ m/s}$).



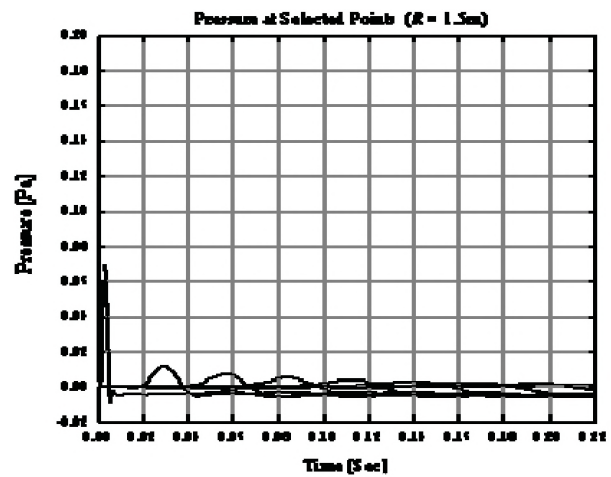
(b) $R = 0.5\text{m}$, $t_p = 0.2\text{m}$ (calculated $V_T = 1280\text{ m/s}$).

Figure 5. Tube wave response of water-filled PCCP

(a) $t_p = 0.15\text{m}$ and (b) $t_p = 0.2\text{m}$.



(a) $R = 1.0\text{m}$, $t_p = 0.1\text{m}$ (calculated $V_T = 1000\text{ m/s}$).



(b) $R = 1.5\text{m}$, $t_p = 0.1\text{m}$ (calculated $V_T = 900\text{ m/s}$).

Figure 6. Tube wave response of water-filled PCCP - (a) $R = 1.0\text{m}$ and (b) $R = 1.5\text{m}$.

Figures 7(a), (b), and (c) show the simulation results of WRE signal propagation through the pipe, which is surrounded by the Adrian, Catlin and Plainfield soil, respectively. By comparing these results with the theoretical tube wave velocities V_T , which is given below each graph, found a good agreement. However, if we compare these results with the result of same pipe in air medium (Fig.4c), we can see that the tube wave velocities are nearly the same in all cases. This means that, surrounding soil formation does not have any significant effect on tube wave propagation. This is believed to arise from the fact that the stiffness of the soil medium is only one thousandth of stiffness of the PCCP. Therefore, from the graphs above, it is clear that the WRE signal propagation in water-filled PCCP is not affected by the surrounding soil medium.

4.4 Effect of Guided Path

The other effects observed in the simulation results can be explained by the effect of guided path as follows. In the model a long circular shaped pipe is used, which acts as a

cylindrical wave guide for the WRE signal propagation. The excitation frequency is 200 Hz, which is below the first cut-off frequency of the pipe. Therefore, from the simulation results (Figs.4, 5, 6 and 7) it is observed that, there is only ‘zero’ order mode propagation exists in the pipe. During propagation, the initial pulse is extended due to the dispersion of the wave’s high frequency components. The signal level in the graphs decreases rapidly with the distance from the source. Initially, this signal travels at a very high speed, because close to its source, it travels as a spherical wave. Later on, when the wave extends over the entire cross-sectional area of the pipe, it travels as a planar wave with the expected speed of the main signal. Therefore, size and shape of the path also affects WRE signal propagation.

5 CONCLUSIONS

A mathematical model was developed to observe the WRE signal propagation through fluid-filled PCCP. The impact of the path on WRE signal propagation was illustrated by the tube wave analysis at different pipe properties. It was observed that the speed of the waves traveling in the fluid surrounded by the finite stiffness pipe was lower than the actual speed of the waves in an unbounded fluid. The tube wave effects were observed under plane-wave propagation and verified with the calculated theoretical values. From the simulation results, it was found that, the tube wave speed depends on pipe stiffness which mainly depends on elastic properties of the pipe materials as well as dimensions of the pipe. The stiffness of the pipe increased with increasing of the elastic properties of the pipe materials and the pipe thickness. On the contrary; it decreased with increasing pipe radius. It was also seen that the higher the stiffness, the higher the rigidity of the pipe, and lesser its influences on tube waves.

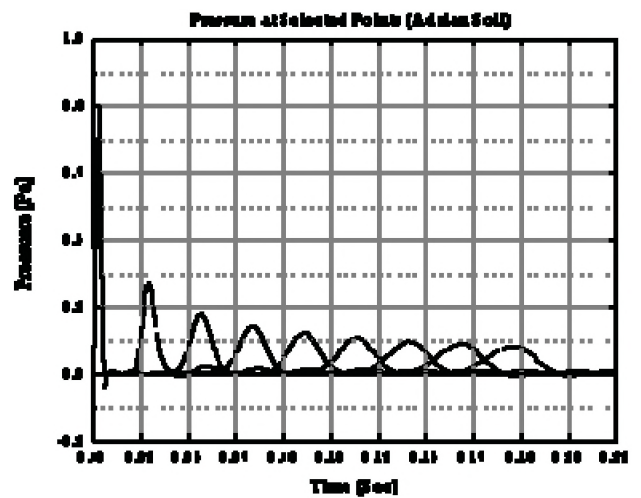
In contrast to the soil properties, the pipe profile, which depends on the pipe materials and dimensions, played an important role on the overall system stiffness. Therefore, in case of high stiffness pipe profile, there was no need to pay attention to the accurate estimation of soil parameters. Moreover, from the simulation results it was observed that the high stiffness pipe can reduce the signal energy penetration from inside to outside of the pipe. This was an important note for the WRE signal when it is measured by the sensor far away from the source.

6 ACKNOWLEDGEMENT

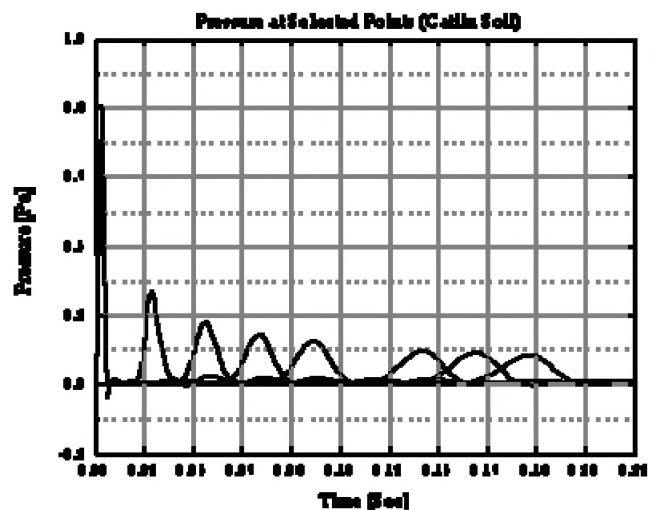
This work has been supported by the Ontario Centres of Excellence (OCE) under Grant No. EE50196.

7 REFERENCES

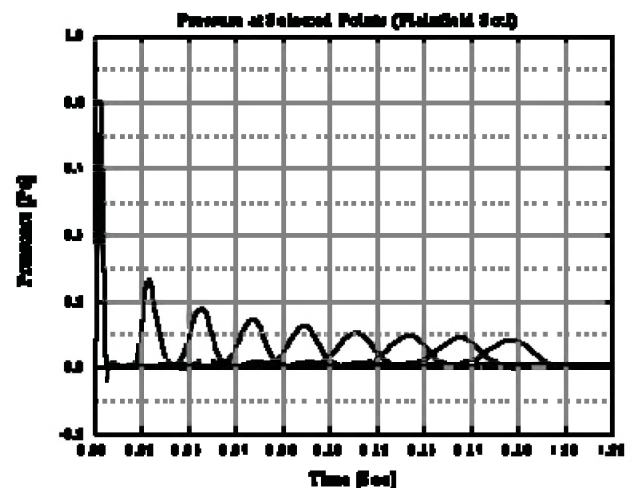
- [1] R.D. Fay, R.L. Brown and O.V. Fortier, “Measurement of acoustic impedances of surfaces in water,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 19, pp. 850-856, 1947.
- [2] W.L. Jacobi, “Propagation of sound waves along liquid cylinders,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 21, pp. 120-127, 1949.



(a) Adrian soil (calculated $V_T = 1169$ m/s).



(b) Catlin soil (calculated $V_T = 1170$ m/s).



(c) Plainfield soil (calculated $V_T = 1172$ m/s).

Figure 7. Tube wave response of water-filled PCCP (a) Adrian soil, (b) Catlin soil, and (c) Plainfield soil.

- [3] M.P. Home and R.J. Hansen, "Sound propagation in a pipe containing a liquid of comparable acoustic impedance," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 71, pp. 1400-1405, 1982.
- [4] J.E. White, *Underground Sound: Application of Seismic Waves*, Elsevier Science, NY, 1983.
- [5] L.D. Lafleur and F.D. Shields, "Low-frequency propagation modes in a liquid-filled elastic tube waveguide," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 97, no. 3, pp. 1435-1445, 1995.
- [6] V. Easwaran and M.L. Munjal, "A note on the effect of wall compliance on lowest-order mode propagation in fluid-filled/submerged impedance tubes," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 97, no. 6, pp. 3494-3501, 1995.
- [7] J.E. Greenspon and E.G. Singer, "Propagation in fluids inside thick viscoelastic cylinders," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 97, no. 6, pp. 3502-3509, 1995.
- [8] V.N.R. Rao and J.K. Vandiver, "Acoustics of fluid-filled boreholes with pipe: Guided propagation and radiation," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 105, no. 6, pp. 3057-3066, 1999.
- [9] A.W. Peabody, "Control of pipeline corrosion", *National Assoc. of Corrosion Engineers*, Houston, 1967.
- [10] R.E. Price, and M.B. Brooks, "Evaluation of concrete pressure pipelines and prevention of failures," *Proc. Am. Soc. of Civil Engineers Annual Convention*, San Diego, CA, 1995.
- [11] F.A. Travers, "Acoustic monitoring of prestressed concrete pipe," *Constr. Building Mater.*, vol. 11, no. 3, pp. 175-187, 1997.
- [12] J. Makar, "Evaluation of acoustic monitoring for prestressed concrete cylinder pipe," *NRC Report B-5103.1*, National Research Council, Ottawa, ON, 1998.
- [13] D. O'Day, "External corrosion in distribution systems," *J. Am. Water Works Association*, Oct., pp. 45-52, 1969.
- [14] R. Wirahadikusumah, D.M. Abraham, T. Iseley, and R.K. Prasanth, "Assessment technologies for sewer system rehabilitation," *Automation in Constr.*, vol. 7, no. 4, pp. 259-270, 1998.
- [15] G. Phetteplace, "Infrared thermography for condition assessment of buried district heating piping," *Trans. ASHRAE*, vol. 105, part 2, pp. 776-781, 1999.
- [16] B. Mergelas, "Personal communication," Report : Pressure Pipe Inspection, Mississauga, ON, 1998.
- [17] D. Sack, and L. Olson, "In site nondestructive testing of buried precast concrete pipe," *Proc. Am. Soc. Civil Engineers*, Materials Engineering Conference, Sand Diego, Nov. 13-16, 1994.
- [18] N. Krstulovic Opara, R.D. Woods, N. Al Shaye, "Nondestructive testing of concrete structures using the rayleigh wave dispersion method," *J. Am. Concrete Institute Mater.*, vol. 93, no. 1, pp. 75-86, 1996.
- [19] J.M. Makar, and N. Chagnon, "Inspecting systems for leaks, pits, and corrosion," *J. Am. Water Works Association*, vol. 91, no. 7, pp. 36-46, 1999.
- [20] R. Bernstein, M. Oristaglio, D.E. Miller, and J. Haldorsen, "Imaging radar maps underground objects," *Computer Applications in Power*, vol. 13, no. 3, pp. 20-24, 2000.
- [21] D. C. Gazis, "Three-dimensional investigation of the propagation of waves in hollow circular cylinders: I - Analytical foundation," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 31, no. 5, pp. 568-573, May 1959.
- [22] D. C. Gazis, "Three-dimensional investigation of the propagation of waves in hollow circular cylinders: II - Numerical results," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 31, pp. 573-578, 1959.
- [23] H. J. Shin, *Non-Axisymmetric Ultrasonic Guided Waves For Tubing Inspection*, Ph.D. thesis, Pennsylvania State University, PA, USA, May 1997.
- [24] M. J. Quarry and J. L. Rose, "Multimode guided wave inspection of piping using comb transducers," *J. Mater. Eval.*, vol. 57, no. 10, pp. 1089-1090, 1999.
- [25] D. N. Alleyne and P. Cawley, "Long range propagation of lamb waves in chemical plant pipework," *J. Mater. Eval.*, vol. 45, no.4, pp. 504-508, 1997.
- [26] D.E. Chimenti, A.H. Nayfeh, and D.L. Butler, "Leaky waves on a layered half-space," *J. Appl. Phys.*, vol. 53, pp. 170-176, 1982.
- [27] J. Ditri, J.L. Rose, and G. Chen, "Mode selection guidelines for defect detection optimization using lamb waves," *Proc., 18th Annual Review of Progress in Quantitative NDE Meeting, Plenum*, vol. 11, pp. 2109-2115, Brunswick, ME, 1991.
- [28] R.M. Cooper, and P.M. Naghdi, "Propagation of nonaxially symmetric waves in elastic cylindrical shells," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 29, pp.1365-1373, 1957.
- [29] A.H. Fitch, "Observation of elastic pulse propagation in axially symmetric and nonaxially symmetric longitudinal modes of hollow cylinders," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 35, pp. 706-707, 1963.
- [30] J.N. Barshinger, J.L. Rose, "Ultrasonic guided wave propagation in pipes with viscoelastic coatings," *QNDE*, Brunswick, ME, July 29-August 3, 2001.
- [31] Y. Cho, and J.L. Rose, "Guided waves in a water loaded hollow cylinder," *J. Nondestructive Testing and Eval.*, vol. 12, pp. 323-339, 1996.
- [32] Y.H. Pao, and R.D. Mindlin, "Dispersion of flexural waves in an elastic circular cylinder," *ASME J. Appl. Mech.*, vol. 27, pp. 513-520, 1960
- [33] I.A. Viktorov, "Rayleigh-type waves on a cylindrical surface," *Soviet Phys. Acoust.*, vol. 4, pp. 131-136, 1958.
- [34] J.Jr. Zemanek, "An experimental and theoretical investigation of elastic wave propagation in a cylinder," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 51, pp. 265-283, 1972.

- [35] F.B. Stulen and J.F. Kiefner, "Evaluation of acoustic emission monitoring of buried pipelines," *Proc. IEEE Ultra. Symp.*, pp. 898-903, 1982.
- [36] J. N. Barshinger and J. L. Rose, "Guided wave propagation in an elastic hollow cylinder coated with a viscoelastic material," *IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr.*, vol. 51, no. 11, pp. 1547-1556, Nov. 2004.
- [37] K.F. Graff, *Wave Motion in Elastic Solids*, NY: Dover, 1991.
- [38] J.D. Achenbach, *Wave Propagation in Elastic Materials*, NHPC, 1973.
- [39] O. Tozser and J. Elliott, "Continuous acoustic monitoring of prestressed structures," in *Proc. CSCE Struct. Specialty Conf.*, 2000.
- [40] P.A. Martin and J.R. Berger, "On mechanical waves along aluminum conductor steel reinforced (ACSR) power lines," *ASME J. Appl. Mech.*, vol. 69, no. 6, pp. 740-48, 2002.
- [41] Y.Z. Pappas, A. Kotsos, T.H. Loutas and V. Kostopoulos, "On the characterization of continuous fibres fracture by quantifying acoustic emission and acousto-ultrasonics waveforms," *Elsevier: NDT & E. Int.*, vol. 37, no. 5, pp. 389-401, 2004.
- [42] COMSOL 3.4: *Acoustics Module - User's Guide*, Comsol User Doc., COMSOL AB, Stockholm, 2007.
- [43] B. Torby, *Energy Methods*, Advanced Dynamics for Engineers, HRW Series in Mechanical Engineering, CBS College Publishing, USA, 1984.
- [44] C. Jong, "Teaching students work and virtual work method in statics: A guiding strategy with illustrative examples," *Proc. American Soc. for Engineering Education Annual Conf. & Exposition*, ASEE, 2005.
- [45] P.M. Morse and H. Feshbach, *Methods of Theoretical Physics-II*, McGraw-Hill, NY, 1953.
- [46] D. Givoli and B. Neta, "High-order non-reflecting boundary scheme for time-dependent waves," *J. Comput. Phys.*, vol. 186, pp. 24-46, 2004.
- [47] A. Bayliss, M. Gunzburger and E. Turkel, "Boundary conditions for the numerical solution of elliptic equations in exterior regions," *SIAM J. App. Math.*, vol. 42, no. 2, pp. 430-451, 1982.
- [48] H. Y. Lee, *Drillstring Axial Vibration and Wave Propagation in Boreholes*, Ph.D. thesis, MIT, Cambridge, MA, USA, May 1991.
- [49] F. Adamo, G. Andria, F. Attivissimo and N. Giaquinto, "An acoustic method for soil moisture measurement," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 53, no. 4, pp. 891-898, Aug. 2004.
- [50] M.L. Oelze, W.D. O'Brien and R.G. Darmody, "Measurement of attenuation and speed of sound in soils," *J. Soil Sci. Soc. Am.*, vol. 66, pp. 788-796, 2002.



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.

In a Class of its Own

The unmistakable look of Hand-held Analyzer Type 2270 can overshadow a number of discrete yet significant distinctions which make this powerful instrument the complete toolbox for sound and vibration professionals. These include:

- Integrated digital camera
- Two-channel measurement capability
- Integrated LAN and USB interfaces for fast data transfer to PC and remote control and monitoring of Type 2270
- Environmental protection IP 44

Versatile in the Extreme

Type 2270 also boasts a wide range of application software modules that can be licensed separately so you get what you need when you need it.

Currently available measurement software includes:

- Sound Level Meter application
- Real-time frequency analysis
- Logging (noise level profiling)
- Sound and vibration recording
- Building acoustics
- Tonal assessment

Type 2270 meets the demands of today's wide-ranging sound and vibration measurement tasks with the accuracy and reliability associated with Brüel & Kjær instrumentation.

To experience the ease-of-use of Type 2270, just go to www.bksv.com and view the on-line video demonstrations.

For more information please contact your local Brüel & Kjær representative



HEADQUARTERS: DK-2850 Nærum · Denmark · Telephone: +4545800500
Fax: +4545801405 · www.bksv.com · info@bksv.com

Australia (+61)29889-8888 · Austria (+43)18657400 · Brazil (+55)115188-8166
Canada (+1)514695-8225 · China (+86)1068029906 · Czech Republic (+420)267021100
Finland (+358)9-755950 · France (+33)169907100 · Germany(+49)42117870
Hong Kong (+852)25487486 · Hungary (+36)12158305 · Ireland (+353)18037600
Italy (+39)025768061 · Japan (+81)337798671 · Republic of Korea (+82)234730605
Netherlands (+31)318 55 9290 · Norway (+47)66771155 · Poland (+48)228167556
Portugal (+351)214711453 · Singapore (+65)3774512 · Slovak Republic (+421)254430701
Spain (+34)916590820 · Sweden (+46)84498600 · Switzerland (+41)18807035
Taiwan (+886)227139303 · United Kingdom (+44)1438739000 · USA (+1)8003322040

Local representatives and service organisations worldwide

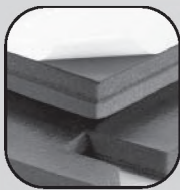
Hand-held Analyzer Type 2270

Brüel & Kjær 

Better testing... better products.

The Blachford Acoustics Laboratory

Bringing you superior acoustical products from the most advanced testing facilities available.



Our newest resource offers an unprecedented means of better understanding acoustical make-up and the impact of noise sources. The result? Better differentiation and value-added products for our customers.



Blachford Acoustics Laboratory features

- Hemi-anechoic room and dynamometer for testing heavy trucks and large vehicles or machines.
- Reverberation room for the testing of acoustical materials and components in one place.
- Jury room for sound quality development.



Blachford acoustical products

- Design and production of simple and complex laminates in various shapes, thicknesses and weights.
- Provide customers with everything from custom-engineered rolls and diecuts to molded and cast-in-place materials.

Blachford **QS 9000**
REGISTERED

www.blachford.com | Ontario 905.823.3200 | Illinois 630.231.8300



EFFECTS OF ACOUSTIC INTERACTION BETWEEN THE SUBGLOTTIC AND SUPRAGLOTTIC CAVITIES OF THE HUMAN PHONATORY SYSTEM

Djeradi Rachida and Djeradi Amar
USTHB, FEI PB 32 El Alia, Bab Ezzouar, Algiers, Algeria

ABSTRACT

The purpose of this work, is to describe the effects of the coupling of the subglottic and supra glottic cavities of the human phonatory apparatus. For this, we will determine and use the transfer function of the vocal tract evaluated owing to an exploration of the human phonatory system using an external excitation using a pseudo-random sequence; this method was developed by Djeradi et. al. 1991. This evaluation will be carried out on the basis of the following three conditions of the glottis: open glottis, closed glottis and variable glottis. One of the advantages of this method will be used, indeed, it is possible, at the time of the same expiry phase that corresponding to a sustained articulatory configuration, to record the signal of the sound itself and the useful signal for the measurement of the transfer function. The comparison of the various spectral data thus obtained highlights the subglottic effects of coupling on the one hand and shows that the conditions at the glottis have an influence on the resonances of the supraglottic cavities on the other hand. This enabled us highlight an increase in the value of the resonance frequencies, of the band-widths and a modification of the deviation between the resonances of the vocal tract. We have also noted the appearance of additional resonances peaks that can correspond to subglottic cavities. During the second phase, we reproduced these effects by simulations on geometrical configurations obtained by the X- rays method performed on the same person and for the same configurations.

SOMMAIRE

Dans ce travail, nous allons décrire les effets de couplage des parties subglottiques et supra glottiques de l'appareil phonatoire humain. Pour cela, nous allons déterminer et exploiter la fonction de transfert du conduit vocal évaluée grâce à une exploration du système phonatoire humain à l'aide d'une excitation extérieure par une séquence pseudo aléatoire, cette méthode a été développée par Djeradi & al en 1991. Cette évaluation sera faite pour les 3 conditions de la glotte : glotte ouverte, glotte fermée et glotte variable. Nous allons utiliser l'un des avantages de cette méthode, en effet, il est possible, lors de la même phase d'expiration correspondant à une configuration articulaire soutenue, d'enregistrer le signal du son lui-même et le signal utile pour la mesure de la fonction de transfert. La comparaison des différentes données spectrales ainsi obtenues permet la mise en évidence des effets de couplage subglottiques d'une part et montre que les conditions à la glotte ont une influence sur les résonances des cavités supraglottiques d'autre part. C'est ainsi que nous avons pu mettre en évidence un accroissement de valeur des fréquences de résonance, des bandes passantes et une modification de l'écart entre les résonances du conduit vocal. Nous avons également noté l'apparition de pics de résonances supplémentaires pouvant correspondre à des formants subglottiques. Dans une seconde phase, nous avons reproduit ces effets par des simulations sur des configurations géométriques obtenues par la méthode des rayons X sur le même sujet et pour les mêmes configurations.

1. INTRODUCTION

The production of fricative makes use of two actions: (1) opening/closing of the glottis and (2) execution of the constriction. When performing measurements in phonation, these two actions are executed simultaneously. In this case, the vocal tract has a glottic average opening which depends on the frequency of the oscillations of the vocal cords. This phenomenon intervenes in the measurement of the transfer functions of the vocal tract in the form of a coupling of the subglottic parts and supraglottic parts. The coupling effect also depends on the duration of the measurement because it is difficult to maintain a configuration of the duct

sufficiently stable to take measurement, the appearance of the effects is better when the time of measurement is short.

The current study has attempted to evaluate the effects of coupling of the subglottic parts on the transfer function of the vocal tract. For this purpose, the human phonatory system will be explored by using a pseudo-random sequence for the three following conditions of the glottis: open glottis, closed glottis and variable opening area to the glottis.

The results of an experimental and theoretical analysis of the effects of subglottic coupling on the transfer function of the vocal cavities will be presented. The method developed by Djeradi et al. (1991) at the ICP of Grenoble will be used. The above method is based on the

transcutaneous excitation of the vocal tract, at the level of the glottis, using an exciter delivering a pseudo-random sequence. The FFT of the inter correlation of this signal with the signal that is collected at the lips provides the acoustic transfer function of the vocal tract.

The analysis will focus on five Arabic back fricatives/ $\chi, \gamma, \varsigma, \hbar, h /$. The first three fricatives are voiced and the two last ones are silent. The area functions were determined from the X-ray data of a male. The corresponding transfer functions were calculated for glottis conditions (open and closed). To obtain the right correspondence between the subglottic resonance frequencies that are measured and/or simulated, it was necessary to adapt the geometric parameters of the phonatory system.

Theoretically, the human speech production system can be represented by the following general diagram:

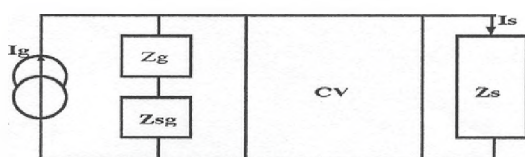


Figure 1. Equivalent Diagram of the phonatory system

- I_g : Capacité flow at the the glottis.
- Z_g : glottic impedance.
- Z_{sg} : subglottic impedance.
- CV: quadripole representing the vocal tract.
- Z_s : output impedance (radiation at the lips).
- I_s : exit flow (measured at the lips).

The transfer function of this system is defined as the ratio of the flow at lips and the flow at the glottis:

$$FTR = \left\| I_s / I_g \right\|$$

FTR depends on the input impedance of the quadrupole represented by the vocal tract, as well as on two variables Z_s and Z_{sg} . When the glottis is open Z_g becomes small (short circuit) and the transfer function mainly depends on the Z_{sg} impedance. The acoustic features of subglottal cavities, represented here by Z_{sg} , will thus be visible on the response curve of the system. On the other hand, when the glottis is closed Z_g becomes infinite (open circuit) and the Z_{sg} impedance is thus negligible compared to Z_g , and the transfer function will be representative of supraglottic cavities only.

In the case of the voiced speech (phonation) the glottis area varies with the vibration of vocal cords, and one estimates then an average glottis opening area whose equivalent area is equal to the average of the glottis area taken over several times of the phonation. Consequently Z_g will also be a function of time and will have an average value for which the effects of Z_{sg} would appear more or less important on the transfer function. These different situations will be examined in this study.

The geometry of the supraglottic cavities changes depending on parameters such as - the articulatory

opposition (uvular vs. pharyngeal), and the voiced vs. unvoiced opposition. The spectral impact of the subglottic cavity changes will be evaluated. The analysis includes 640 spectra out of which 320 corresponding to phonation: 160 for the open glottis condition and 160 to closed glottis condition.

It is possible to consider the phases of opening or of closing of the glottis separately but the phenomenon of production as a whole would not be very different.

2. EXPERIMENT AND ANALYSIS

2.1 The operating procedure

The first difficulty of this study is the lack of the mastering of the control of the glottic state. It is not easy to keep the glottis open (or closed) and to maintain, at the same time, its articulatory configuration constant in the fricative mode. It is also not easy to reproduce, in a stable manner, these gestures from one experiment to another. One thus needed a long phase of training before being able to control the glottic contraction.

To carry out our experiment the following experimental set-up, given in Figure 2, was designed.

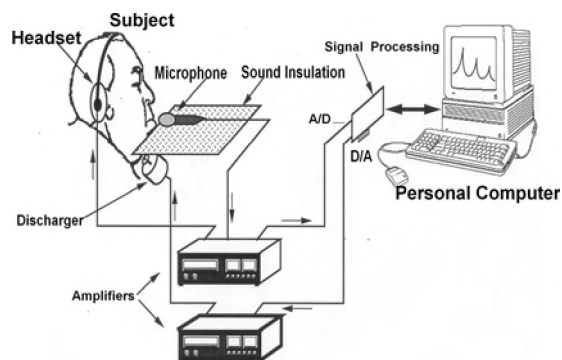


Figure 2 Diagram of the experimental set-up. [Djeradi et. al. 1991]

The following process was followed to measure the transfer function transfer of the vocal tract with a closed glottis: the subject is placed in a soundproof room, it starts by positioning the source of pseudo-random excitation, by placing the "vibrator" on the skin of its neck, near its glottis, and for that, he excites his vocal tract using a white noise and the return helmet will enable him to appreciate the acoustic effect relating to the position in space of this source, he will then maintain the position of the "vibrator" and will search for the correct position of its articulators, by producing the sound to be analyzed. Once this is reached, he will then stop completely his breathing while maintaining its configuration constant and it is at this instant that one takes measurement. The determination of the transfer function for the open glottis is carried out in the same way as that for the closed glottis except that it is pro necessary to breathe continuously during measurement and try, by the feeling which is vided by the passing air on the articulations, to obtain a more precise control (of the gesture) of constriction without however pronouncing the sound. One should take

care so as the glottis remains constantly open and the geometrical configuration remains steady throughout all the measurements.

The measurement protocol is shown in Figure 3.

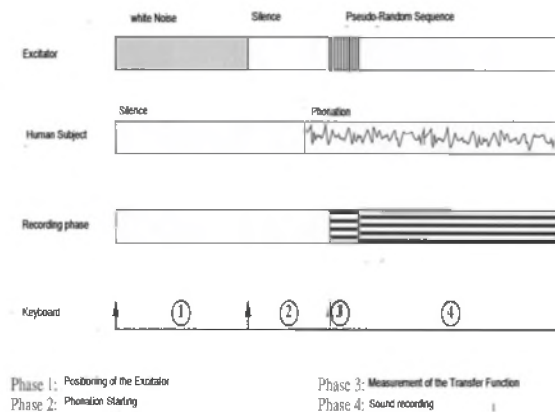


Figure 3. Diagram of the protocol of the measurement of the transfer function.

The theoretical principle is shown schematically in Figure 4.

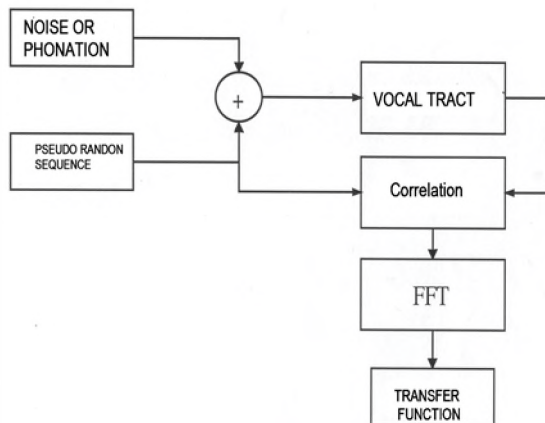


Figure 4. Theoretical principle of the method.

2.2 The effects of subglottic coupling

The results of the experiments are shown in Figures 5, 6 and 7 and in Tables 1 and 2. It must be noted that the functions thus measured are rather complex. In spite of this apparent complexity, a great number of spectral peaks and valleys are seen to be present at constant values.

In addition the curves obtained with open glottis are close to the curves obtained in phonation. We clearly observe the appearance of the additional spectral peaks on the response curves for open glottis and which did not exist on the curves obtained with closed glottis; these peaks have lower amplitude.

In addition the anti-resonance that is visible on the "uvular" curves with the open glottis and in phonation at 2500 Hz, disappears on the curves with closed glottis. The presence of additional peaks is followed by a quasi-

systematic reduction in the amplitude of the main resonances (if we compare these with that of measured resonances with closed glottis). On the curves of Figure 5, we see clearly that the instantaneous frequency deviation between Fp3 and Fp4 resonances tends to increase with the opening of the glottis.

We also clearly see as the fricative having the same articulatory location, present nearly identical resonance frequencies, whether it is for the two uvular ones than for the two pharyngeal ones. Consequently we deduce from it that the geometrical shapes are close. The weakness of the values of the standard deviations (of the values of the frequencies of the raised formants on the curves [Thesis A.Djeradi 92]) testifies the stability of the corpus (Tables 1 and 2).

In addition, we notice an increasing trend in the first two frequencies and of the fourth resonance frequency, and a decreasing trend of the third resonance frequency of resonance when one changes from the "uvular" contraction to the "pharyngeal" contraction

The passage from a pharyngeal constriction to a laryngeal constriction involves a decrease of the first resonance and an increase of all the others.

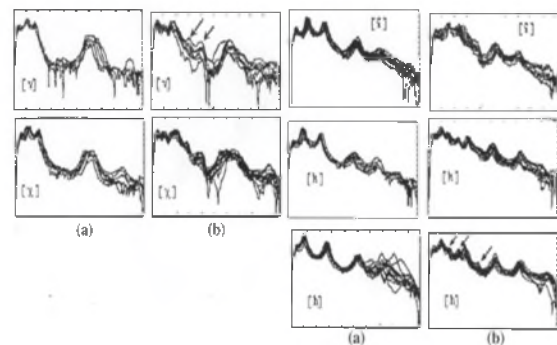


Figure 5. Transfer functions measured for the five fricatives (a) closed glottis, (b) open glottis

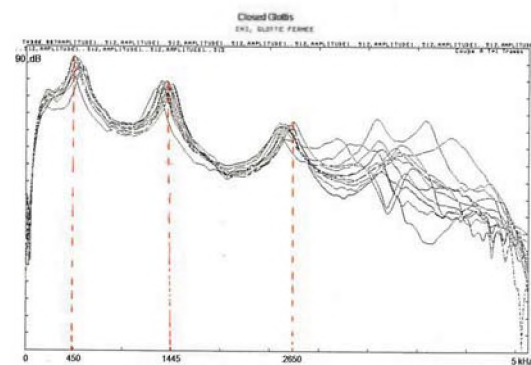


Figure 6. Average frequencies and standard deviations of the measured peaks of resonance with open glottis

The retreat of the location of constriction from the uvular zone up to the area of the high pharynx causes a decrease of the back cavity, and an increase of the corresponding frequencies, probably Fp1, Fp2 and Fp4. In contrast, the volume of the front cavity increases and

probably involves a fall of the frequency of corresponding resonance Fp3. We have recorded the peaks of the resonance frequencies on the transfer functions in the case of the open glottis. We find the same tendencies in the evolution of the frequencies with the retreat of the location of the constriction.

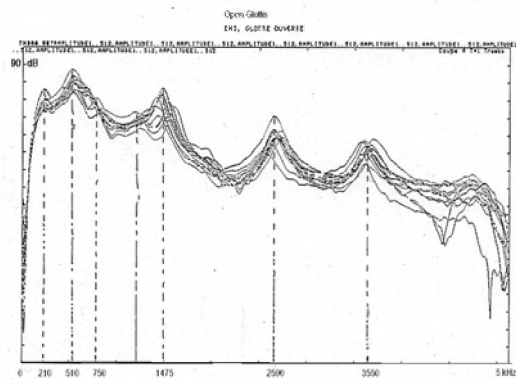


Figure 7. Transfer function measured for the fricative [h] with open glottis.

Table 1. Average frequencies and standard deviations of the measured peaks of resonance with closed glottis.

	/x/	/r/	/ʀ/	/h/	/h/
Fp1	230	220	220	230	220
écart-type	20	20	20	20	20
Fp2	510	520	690	660	540
écart-type	40	20	29	30	20
Fp3	920	870	1370	1290	1440
écart-type	35	30	50	30	25
Fp4	2830	2820	2600	2550	2640
écart-type	90	50	50	40	30
Fp5	3150	3200	3540	3470	3750
écart-type	60	100	40	50	30

The comparison of two types of curves clearly shows the presence of three to four additional spectral peaks. These peaks are at frequencies of 430, 1000, 1400 and 2000 Hz for "uvular". In the case of pharyngeal, also called "vertical", these peaks are visible at the frequencies of 430, 750, 1200 and 2000 Hz. We therefore note that only two common frequencies, 430 and 2000 Hz, are found in both the cases.

It can be concluded that the other frequencies depend on the supraglottic cavities: indeed when these frequencies are close (750 and 1200 Hz for the "verticals" and 1000 and 1400 Hz for the horizontal ones), only one peak appears in the spectrum close to that of supraglottic resonance but with a larger band-width. If this idea of superposition to the other missing frequencies, in one or the other of these two classes of consonants, can be generalized, one can conclude that the

subject presents six resonance frequencies of the subglottic cavities - 430, 750, 1000, 1200, 1400, 2000 Hz.

Table 2. Average frequencies and standard deviations of the measured peaks of resonance with open glottis.

	/x/	/r/	/ʀ/	/h/	/h/
Fp1	220	230	230	220	230
écart-type	20	20	20	20	20
Fp2	430	430	430	430	430
écart-type	25	25	20	20	22
Fp3	540	550	580	550	530
écart-type	28	28	14	14	14
Fp4	790	770	760	740	740
écart-type	20	42	15	30	30
Fp5	1000	1010	1030	1025	1020
écart-type	40	45	18	13	10
Fp6	1250	1240	1230	1210	1200
écart-type	25	72	60	22	50
Fp7	1450	1440	1490	1470	1470
écart-type	25	20	30	35	35
Fp8	1970	1990	2010	2030	2030
écart-type	60	40	79	72	30
Fp9	2790	2820	2590	2590	2580
écart-type	60	40	79	72	30
Fp10	3270	3290	3460	3520	3500
écart-type	60	70	35	30	30

2.3 Conclusion

The effects of coupling of the subglottic parts appear on the transfer function of the vocal tract by the presence of additional peaks. These peaks are located for the speaker at frequencies of 400, 700, 1000, 1200, 1400 and 2000 Hz. The modification of the shape of the vocal tract acts slightly on these frequencies. In addition, the amplitude of the peaks resulting from the coupling of the subglottic and the supraglottic parts is low compared to the amplitude of the main peaks emanating from the supraglottic cavities.

3. SIMULATION OF THE SUBGLOTTIC EFFECTS

3.1 Modeling 3D vocal tract

For the 3D modeling of the vocal tract we used the data taken from X-ray images. [Djeradi et. al. 1991]. The modeling of the mechanisms of the production of fricative requires a precise knowledge of the dimensions of the vocal tract. The choice of the X-rays based method for obtaining the sagittal cuts is interesting for on the one hand the subject of study is the constant fricatives, whereas one tries to obtain a good quality of the image without too much exposing of the subject to strong amounts of X-rays. This is accomplished by considering the semi-capital profile of the voiced fricative and that of non voiced fricative are very close (Bothorel et al., 1986).

The emission source of the X-rays is located at five or six metres from the subject to be bombarded and the photosensitive plate intended to receive the projection of the head of the speaker, is placed at 5 cm from the X-ray. We can thus neglect the distortion which results from this

projection. To obtain a good contrast of the soft parts of the head (language, lips.), we will use adequate aluminum filters. The image obtained is projection on a plane parallel to the sagittal plane of all the head.

The experiment consists at asking the subject to maintain the pronounced fricative for the longest time possible in order to obtain stable sounds from one experiment to the next.

As of the stabilization of the sound, we make a quasi simultaneous acquisition of the image to x-rays, sound and photography of the lips.

In addition plaster moldings of the hard parts of the vocal tract enabled us to better specify dimensions of this area.

3.1.1. Acquisition of the contours

This phase can be done only manually, because it is impossible to determine the sagittal profiles of the vocal tract by an automatic treatment of the image. Indeed, the x-ray reading is not always easy. It was often necessary to consult specialists; however no unanimous decision was possible. The profiles were traced manually on transparent nylon sheets.

We note that the contour at the lips can be easily read for all the configurations. The layout of the hard part of the palate is adjusted owing to the cutting of this zone obtained by plaster molding. On the other hand, at the velum, interpretation remains very delicate because of the side returns of the velum which are apparent. The back wall of the naso pharynx and the glottis can easily be located for all the configurations. At the level of the tongue, we made the decision to follow the furrow and not the higher edges.

We have noted some osseous marks with an aim of standardizing the scales of measurement of the various geometric elements of the vocal tract for the entire configurations.

3.1.2 Digitalization of the contours

In this phase we used a system of image processing developed by the laboratory of image and pattern recognition of the INPG (S. Olympieff). The interest of this system compared to traditional measurements is in addition the automation of the measurement, the high degree of accuracy in the detection of the contours; we thus obtain a better estimate length of the vocal tract and surface at the lips. This system provides for each contour, coordinates X, Y of all the pixels (these pixels are contiguous and are ordered in the direction of the displacement).

3.1.3 The measurement grid

The use of a grid to determine the sagittal function is now general (Heinz & Stevens 1965 and reconsidered again by Maeda 1979). The discretization of the vocal tract is not uniform since the grid is made up of three different parts. Between the glottis and the bottom of the pharynx, this grid consists of parallel straight lines; from the bottom of the pharynx to the oral cavity, we use a system of radii of a

portion of a circle whose middle is the concordant point of the various straight portions. This grid thus divides the vocal tract into a certain number of sectors, and each section of the sagittal profile corresponds then to the zone of the vocal tract comprised between the two straight lines which define the sector.

Fixed reference marks are selected with respect to the anatomical invariants that are linked to the cranium and to the spinal column of the subject. The vertical axis of the system is selected to be parallel to the wall of the bottom of the pharynx, approximates the contour of the velum.

Our reference marks (the incisor and the hard part of the palate) helped us to define the same framing that is used as a scale for all the contours.

3.1.4 Determination of the sagittal functions

We thus manage to delimit the various sections by closed contours for which we calculate the centre of gravity and surface in pixels. The median line of the vocal tract consists of segments joining these centres of gravity. The length of each section is then obtained by measuring on this median line, the length of the segment joining the two lines of the grid delimiting this section. The sagittal distance is finally calculated as being the sectional surface divided by its length, we thus obtain the sagittal functions represented in Figure 8.

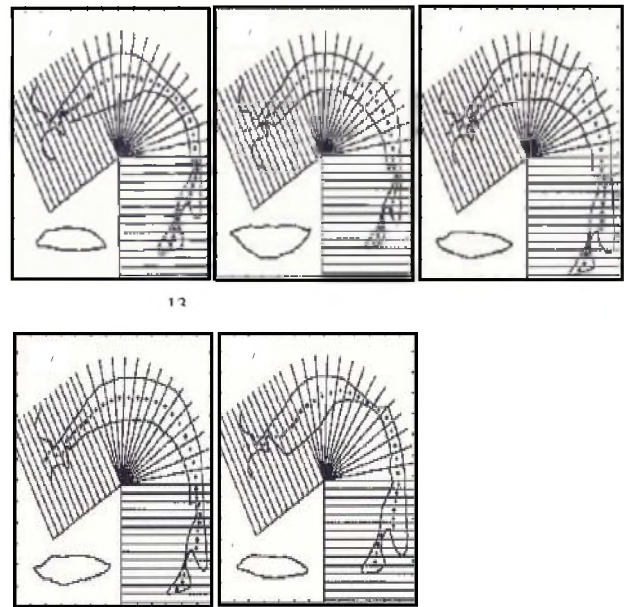


Figure 8 Sagittal slices of the five back Arabic fricatives with scale of measure; the median line of the vocal tract is the center is the center of the circle represented by the dotted line. The lip opening is represented on the bottom left of each slice.

3.1.5 Determination of the area functions

The passage from the sagittal function to the area function is carried out by the traditional method suggested by Heinz and Stevens [1965]. The principle consists in applying the following relation between the area A and the sagittal distance D (i.e. the height of a section): $A = ad^b$ where a

and **b** are the coefficients which depend on the area of the vocal tract.

The initial area functions of the five fricatives are obtained by the application of the coefficients determined by Perrier et. al. on the French vowels. Then using the sensitivity functions such as are defined by Fant and Pauli (1974) or Mrayati and Carré (1976) and of the pressure distributions and the flow in the vocal tract, we have adjusted the initial transfer functions in order to obtain a good superposition of the measured transfer functions with those obtained by simulation.

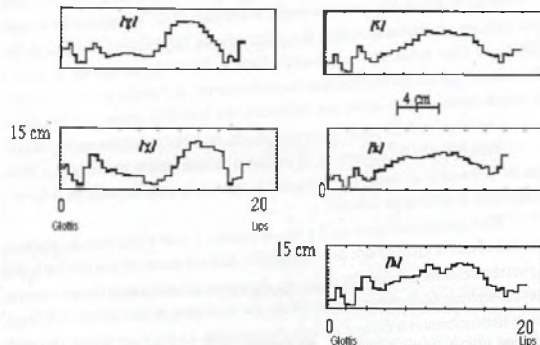


Figure 9 The Sagittal functions of the 5 back fricative of Arabic.

3.2 The simulation model of the subglottic effects

To simulate the effects of coupling of the subglottic parts on the supraglottic parts, we represented the vocal tract by its area function and the subglottic parts by a cell of Foster with 3 resonances (600, 1000, 2000Hz equivalent to those measured at the time of the experimental phase).

The complete model, whose general diagram was given in Figure 1, also allows to integrate the various losses: heat losses, viscosity losses and those due to the impedance of the walls. On the other hand, in the case of the opened glottis, we cannot take into account the resistance to constriction. The area to the glottis is the variable parameter, on which the effects of coupling given in the experimental phase are determined. The values of the glottic area, approximately, - 0.05, 0.25, 0.35, 0.5 and 0.7cm² - describe a sufficient interval for the production of the analyzed consonants.

3.3 Results

It is clearly shown on the simulation curves of Figures 10 and 11, that the subglottic effects appear much better when the glottis is open. The spectral peaks correspond in a general to those of the cell of Foster when the area of the glottis ranges between 0.25 and 0.35 cm². In fact this opening varies also with the shape of the subglottic parts.

Thus in the case of the pharyngeal, the glottic area is closer to 0.35 cm², the obtained frequencies are 550, 1010 and 2050 Hz. In the last case, we have noted the systematic presence of a peak which was not present for the subglottic parts or for the supraglottic part. The frequency is, on average, equal to 1700Hz. It can also be noted that the

band-width increases when the frequency of a subglottic part is close to that of a supraglottic part.

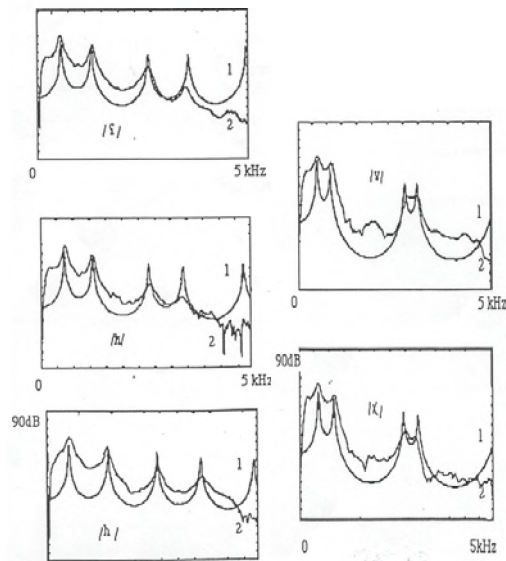


Figure 10 Superimposition of the transfer functions, (1) functions simulated (2) measured functions with closed glottis.

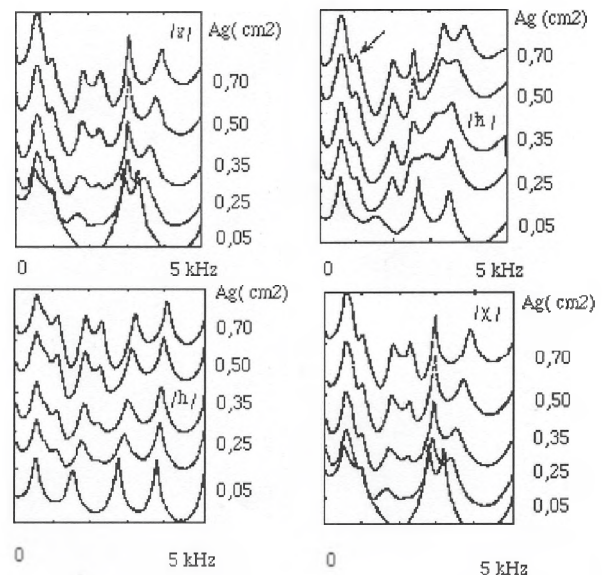


Figure 11 Transfer functions simulated of the back fricatives of the Arabic

In addition, the presence of the effects of coupling involves a difference in the behaviour of the supraglottic cavities. Indeed, the resonance frequencies of the vocal tract have increased.

4. CONCLUSION

A methodology was developed to evaluate the acoustic characteristics of the human phonatory system. The best data on the transfer functions and the area functions in the case of the back fricative of Arabic was thus obtained. The acoustic contributions of the subglottic system in the production of the back fricative consonants were also

highlighted. Additional spectral peaks were observed clearly on the transfer function of the vocal tract with the open glottis.

The systematic analysis of these effects on each acoustic configuration made it possible to better specify the acoustic relations between the subglottic and supraglottic parts.

5. REFERENCES

AL-ANI S. (1969): "An acoustical and physiological investigation of the Arabic ﺀ", Proceedings of the 10th International Congress of Linguistics, Bucarest, 1967, IV, Bucarest, pp. 155-166.

AL-ANI S. (1970): Arabic Phonology, Acoustical and phonology investigation, The Hague/Paris (Mouton), 104pp.

Badin P. (1989) Acoustics of voiceless fricatives: production theory and data, speech transmission Laboratory, Quarterly Progress and Status Report N°3.33-55.

Bothorel A., Simon P, Wioland F& Zerling J.P.(1986) Cinéradiographie des voyelles consonnes du Français, Travaux de l'institut de Phonétique de Strasbourg.

Djeradi A, Guerin B, Badin P et Perrier P (1991) Measurement of the acoustic transfer function of the vocal tract: a fast and accurate method, journal of phonetics 19, 387-395.

Fant G.& Pauli S.(1974) Spacial characteristics of vocal tract resonance mode, in proceeding of the Second Speech Communication Seminar Stockholm.

Mrayati M. & Carré R. (1976) Relation entre la forme du conduit vocal et les caractéristiques acoustiques des voyelles françaises, Phetica 33, 285-306.

Heinz J. M. & Stevens KN. (1965) On the Relation between lateral cineradiographs areara function and acoustic spectra of speech. In 5th International congress of acoustic, Paper A44.



Invitation and call for papers

Dear Colleagues,

The Organizing Committee of the 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2009) extends a warm welcome and invitation to participate fully in what promises to be the premier noise control engineering conference of 2009. The INTER-NOISE 2009 Congress, sponsored by the International Institute of Noise Control Engineering and co-organized by the Canadian Acoustical Association and the Institute of Noise Control Engineering-USA, will be held in Ottawa, from 23–26 August 2009.

The Congress will feature a broad range of high-level research papers from around the world, as well as an extensive exhibition of noise and vibration control and measurement equipment and systems. Distinguished speakers will provide additional stimulation for our technical sessions and discussions with a

focus on our theme of "Innovations in Practical Noise Control."

The 2009 International Symposium on Active Control of Sound and Vibration (ACTIVE 2009) will be held 20-22 August, immediately before the INTER-NOISE 2009 congress.

The INTER-NOISE 2009, and ACTIVE2009, will be held at the Westin Ottawa Hotel, which is located in the heart of Canada's Nation's capital close to all major attractions, Parliament Buildings, National Gallery, Royal Mint, and many museums.

Both INTER-NOISE and ACTIVE symposium will have the same schedule for abstract and paper submission:

Abstracts Due: 23 January 2009
Notification of Acceptance: 20 March 2009
Papers Due: 22 May 2009

The congress website provides complete information on the congress including, instructions on paper and abstract submission, planned technical sessions, distinguished lectures, exposition, registration, and social events, so please visit internoise2009.com often.

It is our pleasure to welcome you to INTER-NOISE 2009 and ACTIVE 2009 in Ottawa.

Trevor Nightingale and Joe Cuschieri,
Co-Presidents
&
Brad Gover and Stuart Bolton,
Technical Co-Chair

Article publié dans la revue « Travail et Santé » de mars 2008 et reproduit avec la permission du rédacteur en chef.

Article published in the March 2008 edition of «Travail et Santé» and reproduced with permission of the journal's editor-in-chief.

RÉSUMÉ

Un nouvel outil audiovisuel « La surdité causée par le bruit nous suit partout » est maintenant disponible depuis la fin de l'année 2006. Cet outil vise, en premier lieu, la sensibilisation des milieux de travail québécois bruyants par les intervenants du réseau public de santé au travail. L'outil est aussi mis à la disposition des entreprises qui possèdent les ressources nécessaires pour l'utiliser tout en respectant les orientations et consignes développées par les concepteurs. Nous présentons ici le contexte entourant la conception, l'orientation et les volets de cet outil ainsi que les prérequis et les conditions nécessaires pour en faire une utilisation judicieuse.

ABSTRACT

A new audiovisual tool, "La surdité causée par le bruit nous suit partout [Occupational hearing loss follows us everywhere]", is available since 2006 and its primary focus is on public health care professionals generating awareness of occupational hearing loss among noisy workplaces in Quebec. This tool is also available to organizations and workplaces boasting the required resources to use it according to the designers' philosophies and instructions. The following describes the context surrounding the development of the tool, its goals and multiple features, as well as the prerequisites and optimal conditions ensuring its proper use. <http://www.santeautravail.qc.ca/Afficher.aspx?page=4334&langue=fr>

UN NOUVEL OUTIL AUDIOVISUEL DE SENSIBILISATION DES MILIEUX DE TRAVAIL BRUYANTS AUX MANIFESTATIONS ET CONSÉQUENCES D'UNE SURDITÉ CAUSÉE PAR LE BRUIT

P. FORTIER

Équipe de santé au travail, Direction de santé publique (DSP) de la Montérégie,
1255 Beauregard, Longueuil, Québec, J4K 2M3

CONTEXTE ENTOURANT LA CONCEPTION DE L'OUTIL AUDIOVISUEL

Depuis plus de vingt-cinq ans, le bruit en milieu de travail est considéré comme une source de danger et de nuisance importante par le réseau public québécois de santé au travail. Durant toutes ces années, les équipes ont investi des efforts importants afin de sensibiliser les gestionnaires et les travailleurs aux effets du bruit et aux moyens de prévention.

Mentionnons qu'à partir du milieu des années 90, les travaux menés par le Groupe d'acoustique de l'Université de Montréal (GAUM) sur l'expérience quotidienne d'une surdité causée par le bruit et ses conséquences aux plans personnel, familial, social, professionnel ainsi que sur la documentation de l'axe bruit-sécurité au travail, ont permis d'enrichir et d'influencer les approches d'intervention du réseau public québécois de santé au travail. En effet, à cette époque, on constate que malgré des mesures concrètes de réduction du bruit mises en place depuis le début des interventions des équipes de santé au travail, le bruit reste encore très présent dans les milieux de travail. Plusieurs obstacles et freins à la prévention, faisant en sorte que les efforts consentis pour réduire l'exposition des travailleurs au bruit demeurent limités, sont identifiés [1], [2], [3], [4], [5].

Ces obstacles et freins émanent de l'individu, de son entourage, des milieux de travail ou encore du contexte légal. Au niveau du travailleur atteint, c'est l'altération de l'image de soi qui constitue le frein le plus puissant à la

reconnaissance de sa surdité. Comment les employeurs et les travailleurs peuvent-ils accorder l'importance nécessaire à ce problème de santé si les personnes atteintes font tout en leur pouvoir pour en dissimuler les manifestations? On remarque aussi que, tant dans la société en général que dans les milieux de travail, on n'a pas encore pris conscience des manifestations et des conséquences considérables de la surdité professionnelle sur la vie des travailleurs et de leurs proches. Finalement, au Québec, le contexte légal et réglementaire est peu incitatif au regard de la prévention: normes non sécuritaires, mesures préventives souvent réduites à la protection auditive, accessibilité au droit à l'indemnisation et aux services de réadaptation souvent limitée et coûts peu importants pour l'employeur.

Une des orientations proposées pour favoriser davantage l'adoption des mesures préventives efficaces, par les milieux de travail, est de mettre dorénavant l'accent sur les manifestations et conséquences d'une surdité au quotidien.

Par la suite, pour soutenir et orienter les interventions du réseau public québécois de santé au travail, plusieurs comités, documents de réflexion et plan d'action ont vu le jour [6], [7], [8], [9].

C'est donc dans la foulée des divers documents publiés, des réflexions effectuées et de l'expérience terrain de plusieurs intervenants des équipes de santé au travail que le ministère de la Santé et des Services Sociaux (MSSS) du Québec et la Table de concertation nationale en santé au travail (TCNSAT)

ont décidé d'appuyer financièrement la réalisation d'outils portant sur les manifestations et les conséquences de la surdité professionnelle. Un dépliant « La surdité causée par le bruit ça nous coupe du monde » a été diffusé en 2002. Un exemplaire de ce dépliant vous est offert avec la présente revue, ainsi qu'un stylo promotionnel du « Plan québécois 2005-2008 de lutte contre le bruit, la surdité professionnelle et leurs conséquences sur la santé et la sécurité » [9]. L'outil audiovisuel « La surdité causée par le bruit nous suit partout » et son guide d'animation, dont il est question ici, ont été diffusés à la fin du mois de décembre 2006 [10]. Un comité interdisciplinaire formé d'intervenants en soins infirmiers et d'une audiologiste s'est chargé de la conception de l'outil. Il s'agit de Claude Cornellier de l'équipe de santé au travail de la Direction de santé publique de la Montérégie, de Louise Toussaint de l'équipe de santé au travail du Centre de santé et de services sociaux du Grand Littoral à Saint-Romuald, de Pierrette Doyon de l'équipe de santé au travail de la Direction de santé publique de Québec et de Pauline Fortier de l'équipe de santé au travail de la Direction de santé publique de la Montérégie.

ORIENTATION ET DESCRIPTION DE L'OUTIL

Cet outil audiovisuel a été conçu afin de favoriser une meilleure connaissance et compréhension des difficultés vécues par les personnes atteintes de surdité professionnelle. On souhaite ainsi améliorer la reconnaissance du risque associé à l'exposition au bruit de manière à sensibiliser les milieux de travail et à mettre davantage l'emphase sur la réduction du bruit et à tenir compte des limitations fonctionnelles des personnes atteintes au niveau des activités exigeant de l'écoute et de la communication. Il s'inscrit aussi dans un processus qui vise à rendre visible la surdité causée par le bruit et à susciter une réflexion sur les attitudes et les comportements négatifs à l'égard des personnes atteintes.

L'outil audiovisuel est disponible en version française et anglaise sur trois supports différents (cassette vidéo VHS, cédérom pour ordinateur et DVD). Il a une durée totale d'un peu plus de vingt-cinq minutes.

Il se divise en trois volets. Les thèmes et situations présentés dans cet outil sont assez généraux et signifiants pour l'ensemble de la clientèle visée, peu importe le secteur d'activité dans lequel elle œuvre. Ces thèmes et situations doivent servir de point de départ à des échanges avec les participants. En effet, l'outil est conçu pour susciter l'expression des émotions, du vécu, des expériences personnelles et amener une réflexion chez les participants.

Le premier volet « Et si nous en faisons l'expérience » met en scène l'arrestation d'un automobiliste sur la voie publique. La modélisation d'une surdité causée par le bruit tout juste indemnisable en vertu des critères en vigueur au Québec permet de vivre l'expérience d'entendre comme une telle personne dans cette situation de la vie quotidienne.

Le deuxième volet « Des gens concernés témoignent de ce qu'ils vivent » et « Heureusement des moyens existent pour améliorer la qualité de vie » présente une série de témoignages sur les problèmes vécus par des personnes atteintes de surdité

professionnelle aussi bien au plan personnel, familial, qu'au travail ou lors de rencontres sociales. Pour contrer l'association de la surdité à la vieillesse, on y présente des personnes atteintes de divers âges. Pour renforcer leurs témoignages dans différents contextes de vie, on entend les témoignages de conjointes et d'enfants. De plus, pour chacune des versions française ou anglaise de l'outil la série de témoignages est renforcée par un délégué syndical qui a côtoyé des travailleurs atteints et leurs familles. Ce volet se termine sur une note positive puisque plusieurs témoins partagent différentes stratégies utilisées ou aides qu'ils ont adoptées pour faciliter les communications, améliorer les relations interpersonnelles et par conséquent, leur qualité de vie.

Le troisième volet « Des solutions sont applicables en milieu de travail » présente quatre mises en situation susceptibles de se produire au travail. Les trois premières présentent une scène d'écoute et de communication soit lors d'une pause, d'une séance de formation et d'une conversation téléphonique dans l'usine. Chacune d'elle est divisée en deux séquences : la situation de communication inefficace suivie de la même situation dans laquelle on a eu recours à des moyens efficaces de communication. La dernière mise en situation montre une scène où la sécurité des travailleurs est menacée alors qu'un chariot élévateur circule dans l'aire de travail bruyant d'un soudeur. Dans un deuxième temps, la même situation est reprise après que les correctifs requis aient été implantés dans l'environnement de travail.

PRÉREQUIS ET CONDITIONS D'UTILISATION

Comme pour toute séance de formation, il est important que les animateurs maîtrisent bien l'outil et son guide d'animation. L'utilisation de cet outil demande une animation interactive. Aussi, plus les intervenants seront familiers avec le contenu véhiculé, et plus ils pourront se centrer sur la tâche d'animation.

Les conditions nécessaires pour une utilisation judicieuse de l'outil sont :

- Comprendre la surdité professionnelle, ses impacts sur la vie des personnes atteintes et leur entourage et connaître les divers moyens et services qui peuvent les aider;
- Posséder les habiletés nécessaires et être à l'aise avec le type d'animation prévu, afin d'aider les participants à cheminer dans leur compréhension de la surdité professionnelle et d'amorcer avec eux un changement de comportement face à cette maladie et l'agresseur qui en est responsable;
- Être de bons modèles d'écoute et de communication et tenir compte des capacités auditives de la clientèle visée:
 - i) En planifiant et organisant les rencontres en conséquence (favoriser les groupes de 10-15 personnes au maximum, regrouper les jeunes avec des travailleurs plus âgés,...);
 - ii) En choisissant un local bien éclairé et peu bruyant/réverbérant;
 - iii) En utilisant les moyens appropriés tels un système d'amplification de la voix, des stratégies d'écoute et de

communication aidantes.

Chacun des trois volets peut être utilisé seul ou en combinaison avec les autres. Nous déconseillons toutefois d'utiliser cet outil en une seule séance car il faudrait prévoir au moins deux heures pour visionner tous les volets et animer la période d'échanges prévue entre chacun. Par contre, les différentes séances devraient être rapprochées dans le temps, tout en respectant la séquence établie dans l'outil, afin que les participants puissent avoir encore à la mémoire la (les) rencontre(s) précédente(s).

Le guide d'animation présente le détail de ces divers prérequis et conditions d'utilisation ainsi que les consignes pour l'animation de chacun des volets.

PERSPECTIVES

L'outil est présenté dans les milieux de travail par les équipes de santé au travail du réseau public depuis le début de l'année 2007. Les premiers commentaires reçus de la part d'intervenants qui ont utilisé l'outil sont très positifs. Les travailleurs se reconnaissent et s'affichent le plus souvent aisément.

Au niveau provincial, il y aura identification des mécanismes qui permettront d'objectiver les impacts de cet outil auprès de la clientèle cible. L'évaluation devrait avoir lieu d'ici la fin de l'année 2008.

Finalement, pour visionner la bande annonce et pour se procurer l'outil, consultez le portail du réseau public de santé au travail à l'adresse suivante : www.santeautravail.qc.ca/bruit

REMERCIEMENTS

L'auteure remercie madame Hélène Boudreault, chargée de projet pour la Table de concertation nationale en santé au travail (TCNSAT), pour ses précieux commentaires lors de la relecture de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

1. Héту, R. L., Getty (1992) Programme de réadaptation à l'intention des personnes atteintes de surdité professionnelle et de leur conjointe ou conjoint : développement du programme. Groupe d'acoustique de l'Université de Montréal.
2. Hétu, R. L., Getty (1993) Overcoming difficulties experienced in the workplace by employees with occupational hearing loss. The volta review, vol. 95, pages 391-402.
3. H tu, R., L. Getty, S. Waridel (1994) Attitudes toward co-workers affected by occupational hearing loss II : focus groups interviews. British Journal of audiology, 28: pages 313-325.
4. H tu, R. L., Getty, H. Tran Quoc (1995) Impact of occupational hearing loss on the lives of workers. Occupational medicine : State of the Art reviews, vol. 10, no 3, pages 495-511.
5. Fortier, P. (1997) Synth se de la littérature pertinente sur l'expérience quotidienne pouvant être associée à une surdité professionnelle et les divers besoins de r adaptations en d coulant. Équipe régionale de santé au travail, Direction de la santé publique de la Montérégie, 95 pages.

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



6. Turcotte, F. et autres (1995) Rapport du Comité aviseur sur les examens auditifs en milieu de travail. MSSS, 49 pages.
7. Conseil des Directeurs de la Santé Publique (1998) Bruit et surdité professionnelle. Document de réflexion sur les orientations provinciales du réseau de la santé et des services sociaux, Québec, 31 pages.
8. Ministère de la Santé et des Services sociaux (2003) Programme national de santé publique. Québec, 133 pages.
9. Boudreault, H. et collaborateurs (2005) Plan d'action 2005-2008-du réseau de la santé p u b l i q u e en santé au travail-de lutte contre le bruit, la surdité professionnelle et leurs conséquences sur la santé et la sécurité. Projet de la TCNSAT, RRSSS de la Chaudière-Appalaches, Lévis, 36 pages. (Ce document est accessible dans le portail québécois de la santé au travail à l'adresse suivante : <http://www.santeautravail.qc.ca/bruit>)
10. Cornellier, C., P. Doyon, P. Fortier, L. Toussaint (2006) La surdité causée par le bruit nous suit partout. Document audiovisuel et guide d'animation, MSSS et TCNSAT, Québec, 89 pages.

Lien internet :
<http://www.santeautravail.qc.ca/Afficher.aspx?page=4149&langue=fr&modeAffichage=0&Approb=1&forceMode=1>

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: TRAITEMENT 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

Canadian Acoustical Association
Minutes of the Board of Directors Meeting
25 April 2009
 Toronto, Ontario

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

Regrets: Roberto Racca, David Quirt

The meeting was called to order at 10:00 a.m. Minutes of the Board of Directors meeting of 5 October 2008 were approved as published in Canadian Acoustics (December 2008 issue). (*Moved T. Kelsall, seconded S. Dosso, carried*).

President’s Report

Christian Giguère reported that it has been a very busy half-year for the CAA. On the one hand, an increasing number of organizations are seeking co-sponsorships with the Association for their own events, allowing showcasing the CAA at national and international acoustical conferences. At the same time, he mentioned that it is a challenge for a small, but broad, organization like ours to adequately cover all needs, as demonstrated by the recent formation of the Alberta Acoustics & Noise Association.

The main priority in the next few months remains the transition to online membership and database management capabilities to support the entire organization. Further ahead, the CAA should undergo to review its package of services and overall benefits to members to remain successful.

Christian welcomed Sean Pecknold as the new webmaster for the Association. He re-iterated the urgent need to find a new Executive Secretary for the Association.

Secretary’s Report

The acting Secretary, David Quirt, submitted a written report outlining the current membership situation and administrative expenses. Christian Giguère summarized the report to the Board.

Routine mailings, bank deposits, annual filings, membership database management and other secretarial operational issues were handled as usual. The secretarial account balance was \$332 as of mid-April. Anticipated expenses for the remainder of the fiscal year will exceed the current balance, reflecting only a partial transfer

of the approved \$1500 budget at the beginning of the fiscal year.

Tallied on mid-April, year-on-year membership dropped from 377 to 334. The change was mainly due to a large surge in new members arising from the Montreal 2007 conference (78) versus the Vancouver 2008 conference (43). Renewals in response to the annual mailing were virtually identical from last year. Overall, this indicates that the increased membership following the Montreal conference has passed through, and that the core membership is essentially steady.

Paid (to 12 April)	Canada	USA	Intl.	Change	Overd ue
Member	200	17	10	-17	53
Emeritus	1	–	–	0	
Student	38	3	3	-22	36
Sustaining	34	3	1	-2	3
Direct	3	1	–	0	1
Indirect	9	8	4	-1	1
	TOTAL = 334				

A discussion on membership followed, focusing on how to attract and retain people? Rich Peppin mentioned he had been asked in the past to suggest ways to help increase membership. Two possible ways explored were a better outlining of member benefits and the promotion of specialized conferences/events, e.g. a building acoustics stand-alone conference. Rich will distribute his background work and thoughts on the matter to the Board by email. He believes some of this work could be eventually put into a brochure or on the CAA website. It was agreed that this issue would become a main priority once transition to new

operational processes (online payment options & database) are underway.

Use of credit payment option (VISA) via mailing forms was 41% this year. Problems with this approach were re-iterated. A new process is needed.

(Acceptance of the report moved by R. Ramakrishnan, seconded T. Kelsall, carried.)

Treasurer's Report

The Treasurer, Dalila Giusti, distributed the unaudited financial statements from the Accountant for the last fiscal period (ending August 31, 2008) and submitted an update for the current financial situation.

Dalila indicated that the CAA finances are in reasonable shape. A large sum has been invested in GICs with the intent to cover award expenses. She indicated that the Shaw award was not distributed at the end of 2008 and this will help immediate finances.

Dalila reported that there were acute problems with handling VISA payments this year. Credit card companies have been replacing cards for their clients at a much higher rate than previous years to reduce the risk of fraud in the current credit crunch environment. Combined with the inherent delay in processing CAA membership payments, a large number of members had to be contacted to refresh credit card information. She also indicated that after 2010 we will no longer be able to process VISA payments the way we currently do via the telephone. This again points to an urgent need to move quickly with online payments.

Dalila also re-iterated the need to change the fiscal year-end from August 31 to June 30 to help better manage the Association and provide timely financial statements to the Board. Dalila will check with the accountant to ensure there are no unforeseen issues, and Christian will contact David Quirt to ensure we proceed according to our bylaws. The CAA membership was given advance notice at the last AGM in Vancouver (Oct. 2008) and in the December issue of Canadian Acoustics.

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

Editor's report

Ramani Ramakrishnan discussed some suggestions for an online approach to Canadian Acoustics. There was a discussion on the pros and cons of an online versus hardcopy model for the Journal. The online model seems more appealing to the Board than during earlier discussions, though some Board members expressed a need for a hardcopy version. Ramani said it will be hard to do both. He will contact again U. Toronto regarding their online publication initiative for small Canadian organizations, and together with Frank Russo they will report back at the next Board meeting.

Regarding eventual online access to the Journal, it was re-iterated that only paid members would have access to the latest issues of the Journal. Also discussed was the possibility to create a page on the CAA website where back issues would be accessible (currently one sample issue is accessible). Sean Pecknold and Ramani will report back on this possibility.

CAA Conferences – Past, Present & Future

2008 Vancouver: Murray Hodgson sent his final report. There were of total of 191 participants (including 24 exhibitor companies, 47 students, 13 volunteers and 2 guests). Gross profit was about \$3800. Accounting for seed money and new member fees, there was a small net loss of about \$400. Murray re-iterated the importance of negotiating a conference room-rental charge with a sufficiently fine incremental scale in case the number of hotel nights booked by participants does not meet targets.

2009 Niagara-on-the-Lake: Ramani R. reported that the organization of the conference is on schedule. 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. Rich also suggested attracting permanent sponsors to purchase video projectors for the conference, which would save on rental fees annually. Tim Kelsall will look at the possibility to borrow projectors freely for the 2009 conference. Abstracts will be due June 1st.

Subsequent meetings: Christian Giguère reported on the difficulty of attracting a convener for Quebec City for 2010. He will try again in the next

few weeks and get back to the Board. Stan Dosso and Clair Wakefield expressed interest in organizing a future meeting, ideally in 2011, but possibly earlier if there is a need for 2010.

InterNoise 2009: CAA is a co-sponsor of the meeting, without financial obligations. The CAA has the opportunity to get a free booth, but needs to manage it. Suggestions were given in the form of a vertical banner, tablecloth and brochure. Former executive members are to be contacted to enquire on any material that may be readily on hand. Jérémie Voix, Tim Kelsall, and Ramani Ramakrishnan offered to help draft written material and graphics for a banner.

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 Mike Stinson and Gilles Daigle, the Canadian co-hosts, in view of the recent re-structuring of NRC. Mike and Gilles indicated that there is no change in plans at the moment.

Awards

Frank Russo reported that certificates and cheques for 2008 prizes were sent out. An email reminder was sent to the membership last week regarding the upcoming deadline for the 2009 prizes. He also reported some ambiguity in the wording of Shaw prize concerning "holding a PhD degree", as one of the eligibility conditions, in cases where applicants have not yet completed their PhD. After discussion, it was decided to leave wording as is and to leave it to the awarding committee to judge whether the candidate is in the very final stage of the PhD and that there is a realistic expectation (e.g. thesis submitted, defence planned, etc.) that the degree would be completed by the time the awards are announced publicly.

There was a discussion about the decision at the last Board meeting to get a CAA seal or embosser to stamp the awards in a more professional manner. Dalila Giusti suggested there may be some ramifications and special responsibilities related to possessing a seal. She will contact the accountant. Christian Giguère will contact David Quirt and inspect the bylaws. Dalila and Christian will report to the Board before we proceed.

CAA Website

Sean Pecknold has started to do some routine updates of the website. There is nothing special to report at this point.

Christian Giguère indicated that a substantial update of the Conference Abstract System (CAS) was necessary following our recent move to a new website provider to resolve some compatibility issues. Dave Stredulinsky very kindly contacted the DRDC contractor that built the initial system and suggested some further upgrades to make the system very portable from one conference to the other. Work is near completion and will be ready for Niagara 2009.

Other Business and issues

Earlier this year, the CAA received a mandatory request for voting from I-INCE on launching Technical Study Group 9 on "Metrics for Environmental Noise Assessment and Control". As per the new process described in the spring 2008 BoD minutes, the documentation was sent to CSA Committee Z107 (Tim Kelsall) and ISO SCC Acoustics Committee (Stephen Keith) to seek their expert opinion on the matter. Their recommendation to CAA was to vote in favor of launching TSG 9, but to also add a comment to clarify that the main intent should be to supplement, not supplant A-weighted sound levels. (*Moved D. Giusti, seconded Vijay Parsa, carried*).

The International Institute of Acoustics and Vibration (IIAV) has invited the CAA to delegate an observer to their next Board meeting to be held in Poland during the ICSV16 conference in July. The Institute is likely seeking cooperative agreements from a wider range of associations. Christian Giguère will be at this conference and has offered to attend their Board meeting. He will report back to the Board.

Christian Giguère summarized some online membership payment options and the Board reiterated its go ahead decision in line with the funds authorized at the October 2008 BoD meeting. A transition team made of the President, Treasurer, Secretary and Webmaster will tackle remaining questions regarding enrolling into a professional association management software and report back to the Board before contracting a system. Tim Kelsall also suggested looking at the

model used by the Ontario Hygiene Association of Ontario (OHAO), which enrolls a private management company to deal manually with all routine secretarial issues. The OHAO is of similar size and has similar membership fees than CAA. Tim will contact Alberto Behar and report back to Christian.

Stan Dosso sought suggestions for new Board members to be appointed at the next AGM. Some names were circulated as potential new members and Executive Secretary. Dalila Giusti and others mentioned that new Board member

should become aware prior to appointment that there should be a realistic expectation of involvement into the affair of the Association and that new Executive officers are best prepared and selected from recent Board members.

Adjournment

Meeting adjourned at 3:15 pm. (*Moved by Dalila Giusti, seconded Tim Kelsall, carried.*)

Prepared by R. Peppin and C. Giguère.

When "BUY" does not apply, give RENTAL a try!

At Scantek, Inc. we specialize in **Sound and Vibration Instrument Rental with *expert assistance***, and fully calibrated instruments for:

Applications

- Building acoustics
- Sound power measurement
- Community noise
- Building vibration
- Industrial noise
- Human body vibration
- Machine diagnostics
- Vibration measurement

Instruments analyzers•

- FFT and real-time
1/3 and 1/1 octave bands
- noise and vibration dosimeters•
- vibration meters•
- human body dose/vibration•
- A-weighted sound level meters•
- rangefinders•
- GPS•
- windscreens•
- wide range of microphones•
and accelerometers

Scantek, Inc.

**Sound & Vibration Instrumentation
and Engineering**

www.scantekinc.com
info@scantekinc.com

800-224-3813

What's new in acoustics in Canada?

Jérémie Voix <voix@caa-aca.ca>

Deafness Favored by Loud Workplaces (The study has been conducted in Canada)

According to a new Canadian study of workplaces, more than 60 percent of employees in the metallurgy and saw milling sectors are daily exposed to noises that exceed by far the maximum health limits approved by the government. This state of affairs has been directly linked to an increased number of accidents, both at the work sites and on the streets, and to an increased risk of workers going deaf on account of the constant noise exposure. Several institutions have collaborated for the new research, which will be published in three scientific journals at the same time (Occupation Environmental Medicine, Accident Analysis and Prevention, and Traffic Injury Prevention). More than 53,000 Canadian employees have been surveyed for the study, on which investigators from the Université Laval and the Institut National de Sante Publique du Quebec have also contributed.

[Source: <http://news.softpedia.com/news/Deafness-Favored-by-Loud-Workplaces-106577.shtml>]

Le BRUIT, c'est ASSEZ !

Si la tendance se maintient, nous deviendrons tous sourds, fous ou malades. Selon une enquête sur une épidémie silencieuse de Catherine Dubé dans [le numéro du mois de mai 2009 de la revue Québec Science. le bruit nous stresse, il nous rend sourd et même malade](#)

En France, il y a des années qu'on s'en préoccupe. En 1992, on a même promulgué une loi anti-bruit. Aujourd'hui, tous les membres de l'Union européenne ont l'obligation de lutter contre cette nuisance. Mais au Québec, c'est le fouillis. Les normes sur le bruit varient énormément d'une municipalité à l'autre; certaines n'en ont pas du tout. «Notre réglementation sur le bruit en milieu de travail se classe parmi les plus mauvaises en Occident», se désole l'audiologiste Tony Leroux, chercheur au Laboratoire d'études sur l'audition de l'Université de Montréal.

[Source:

http://www.cybersciences.com/cyber/fr/magazine/mai_2009/reportages/le_bruit_qui_rend_malade_ex_trait.html]

Canada transformed by climate change in 2050

Although it is not a pure acoustical piece of news, it is certainly worth hearing that...

The producers and host of a radio feature portraying Canada transformed by climate change in 2050 — Jim Lebars, Jim Handman, Zerah Lurie, and Bob McDonald — have received the Sullivan award for their radio series "Canada 2050: Our Future in a Changing Climate."

In the radio production's eight chapters, scientists describe what Canada will be like after four decades of expected climate change—from palm trees in Victoria to battles over the fresh water of the Great Lakes to the decimation of the great Canadian salmon runs. Judges praised the "Canada 2050" team for its "admirable job encouraging Canadian scientists ... to articulate their model results in terms accessible to a general audience. The quiet assuredness with which scientists spoke of a vastly different Canada was more powerful than many more dramatic approaches we have seen in the coverage of climate change." "Canada 2050" is a production of the Canadian Broadcasting Corporation, and was aired in November 2007. It is available online at <http://www.cbc.ca/quirks/archives/07-08/nov24.html> .

[Source: <http://blogs.physicstoday.org/wht/2009/04/canadian-radio-team-and-vetera.html>]

Le Québec a mal aux oreilles

Dans un article paru dans le journal Le Soleil du 6 mai 2009, Daphnée Dion-Viens pose ces chiffres devant nos yeux :

44% : *Augmentation du nombre d'appareils auditifs chez les 25-54ans en 10 ans*

70% : *La proportion d'adolescents qui s'exposent à des niveaux de bruit comparables à ceux des travailleurs en usine, à cause de leur iPod*

150% : *Hausse des consultations pour des problèmes d'audition chez les 25-27 ans en 10 ans.*

À la suite, la journaliste cite les propos d'un médecin de la ville de Québec.

Pour diminuer les problèmes d'audition, le Québec devrait imiter la France et légiférer afin d'interdire la vente d'iPod trop bruyants. C'est ce qu'affirme le Dr Pierre Ferron, otorhinolaryngologiste de l'Hôtel-Dieu.

[Source: <http://www.cyberpresse.ca/le-soleil/actualites/sante/200905/05/01-853671-le-quebec-a-mal-aux-oreilles.php>]

Tone deaf? Loud tunes take a toll on youth

The Hearing Foundation of Canada recently launched a pilot project, iHearYa!, that encourages high school students to turn down the volume of their digital devices.

A survey of 145 Ontario high school students done by the foundation found that 30 per cent of them listened to digital music at levels of 91 decibels or higher for about three hours a day.

Being exposed to noise 85 decibels or higher can cause hearing damage.

The iHearYa! website encourages youth to turn down the volume, limit exposure to loud noises, stand back from noise sources and wear hearing protection.

[Source: <http://www.saultstar.com/ArticleDisplay.aspx?e=1567871>]

Impact studies make some noise at Aeroport De Montreal's annual meeting

An article by Raffy Boudjikianian in The Chronicle reports that a Montreal citizens' group is planning to start testing noise levels generated by planes arriving and departing from Pierre Elliott Trudeau International Airport. Citizens for the Quality of Life (CQL) prepared a plan to distribute sonograms to residents in areas affected by the noise to measure decibel levels. The group plans to take data collected by residents and publish online. According to the ADM's annual report distributed today, the population living within the Dorval airport's noise footprint has shrunk down by 83 per cent since 1995, from 107, 333 to 17, 902 people most probably because of the noise issue created by the airport.

[Source: <http://www.westislandchronicle.com/article-334971-Impact-studies-make-some-noise-at-ADMs-annual-meeting.html>]



--- THIRD ANNOUNCEMENT ---

ACOUSTICS WEEK IN CANADA

Niagara-on-the-Lake, 14 - 16 October 2009

Acoustics Week in Canada 2009, the annual conference of the Canadian Acoustical Association, will be held in Niagara-on-the-Lake, Ontario from 14 to 16 October 2009. This is the premier Canadian acoustical event of the year, and is being held in beautiful, quaint Niagara-on-the-Lake village, making it an event that you do not want to miss. The conference will include three days of plenary lectures, technical sessions on a wide range of areas of acoustics, the CAA Annual General Meeting, an equipment exhibition, and the conference banquet and other social events.

Venue and Accommodation – The conference will be held at the Pillar & Post Inn, Niagara-on-the-Lake, Ontario [<http://www.vintage-hotels.com/niagara-on-the-lake/hotels/pillar-and-post.php>]. Pillar and Post is located in a quiet residential area, surrounded by a wonder of gardens and only a five minute walk from Niagara-on-the-Lake's main street. Originally built in the late 1800s, it was used as a canning factory in the midst of Niagara's wine and fruit region. Since 1970 it has been gradually transformed into a luxurious country inn with 122 newly redesigned guestrooms, plus ample meeting space with the latest business amenities. Participants registering with the hotel before 5 September 2009 will receive the reduced room rate of \$179/night (single or double). Stay at the conference hotel to be near all activities and your colleagues, and to help make the conference a financial success, to the benefit of all CAA members.

Plenary Lectures – Plenary lectures will be presented in the areas of Architectural Acoustics/Ecology (Dr. Bradley & Mr. Schafer), Psychological Acoustics (Prof. Neuhoff) and Bio Acoustics (Prof. Kolios).

Special Sessions – Special sessions (about 23) consisting of invited and contributed papers are currently being organized on the following topics:

- Architectural Acoustics
- Acoustic Ecology and Soundscape
- Sound Absorbing Materials
- Biomedical Acoustics
- Speech Production, Speech Perception and Speech Disorders
- Noise Control
- Aeroacoustics
- Wavelet Acoustics
- Occupational Noise Standards
- Psychological Acoustics
- Vibroacoustics

If you would like to propose and/or organize a special session in your technical area, please contact the Conference Chair or the Technical Chair as soon as possible.

Equipment Exhibition – The conference will include one one-day exhibition of acoustical equipment and products on Thursday 15 October 2009. If you are an equipment supplier interested in participating in the exhibition, please contact the Exhibition Coordinator as soon as possible.





Social Events – The conference will begin on Wednesday morning with an opening ceremony and welcome by Prof. Kendra Schank Smith, Chair, Architectural Science Department, Ryerson University. On Wednesday evening, a reception will be held for all delegates, followed by a potential Soundscape Walk along the village’s main street. Banquet will be held on Thursday with a musical listening experience, “EMOTICHAIR.”

Spousal Program – If the number warrants, Mrs. Suman Ramakrishnan will organize a spousal program with a walking tour of Niagara-on-the-Lake as well as a trip to Niagara Falls with stops along the Niagara Parkway for all attending spouses and children. Details will be made available with registration forms.

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

Paper Submission – Following are the deadlines for submission of abstracts, and of two-page summaries for publication in the proceedings issue of *Canadian Acoustics*: Abstracts submission: 1 June 2009; submission of two-page summaries: 15 July 2009.



Registration – details of registration fees and the registration form will be made available on the conference website. Early registration at a reduced fee is available until 1 September 2009.

Local Organizing Committee

- *Conference Chair: Ramani Ramakrishnan [rramakri@ryerson.ca]*
- *Technical Chair: Frank Russo [russo@rverson.ca]*
- *Technical Committee: Ben Dyson [bdyson@rverson.ca]*
- *Local Co-Chair: Moustafa Osman [moustafa.osman@sympatico.ca]*
- *Treasurer: Dalila Guisti [dalila@jadeacoustics.com]*
- *Equipment Exhibition: Rich Peppin [RPeppin@aol.com]*
- *Registration: Mandy Chan [machan@hgcengineering.com]*
- *Registration: Megan Munro [mmunro@hgcengineering.com]*
- *Registration: Payam Ezzatian [payam.ezzatian@gmail.com]*
- *Website: Payam Ashtiani [pashtiani@aercoustics.com]*
- *Translations: Inna Petrennic [inna@echologics.com]*

Conference Website at <http://www.caa-aca.ca>

--- TROISIEME ANNONCE---

SEMAINE CANADIENNE D'ACOUSTIQUE

Niagara-on-the-Lake, 14-16 octobre 2009



La conférence annuelle de l'Association Canadienne d'Acoustique se tiendra à Niagara-sur-le-Lac en Ontario du 14 au 16 octobre 2009. Il s'agit de plus important événement canadien de l'acoustique de l'année que vous ne voulez pas manquer, car il aura lieu à Niagara-sur-le-Lac, un bel et pittoresque village. Trois jours de sessions plénières, ainsi que des sessions techniques seront présentées, couvrant un large éventail du domaine de l'acoustique. La conférence comprendra aussi la réunion annuelle générale de l'ACA, l'exposition de divers équipements acoustique, un banquet et autres événements sociaux.

Lieu du congrès et hébergement – La conférence se tiendra au Pillar & Post Inn à Niagara-sur-le-Lac en Ontario [<http://www.vintage-hotels.com/niagara-on-the-lake/hotels/pillar-and-post.php>] dans la zone résidentielle tranquille, entourée des jardins étonnants à seulement cinq minutes de marche à pied de la rue principale de Niagara-sur-le-Lac. Construit au départ à la fin des années 1800, ce bâtiment a été conçu comme une conserverie au milieu de la région de vin et fruit de Niagara. Depuis 1970 on le transforme graduellement dans une auberge de luxe aux 122 chambres récemment renouvelées, ainsi qu'au ample espace pour des réunions avec les derniers outils de bureatique. Les délégués qui réserveront leur chambre avant le cinq septembre 2009 bénéficieront d'un tarif préférentiel de 179 \$/nuit (occupation simple et double). Choisissez cet hôtel pour participer pleinement au congrès, à proximité de toutes les activités et de vos collègues, et pour assurer le succès de la conférence pour le bénéfice de tous les membres de l'ACA.

Sessions plénières – Les sessions plénières seront présentées dans les domaines de l'acoustique architectural/écologie (le Dr. Bradley et le M. Schafer), la psychoacoustique (le Pr. Neuhoff) et la bioacoustique (le Pr. Kolios).

Sessions spéciales – Environ 23 sessions spéciales présentées par des conférenciers invités ou par des communications soumises par les délégués sont actuellement organisées autour de divers sujets, tels que:



- Acoustique architecturale
- Ecoacoustique et Soundscape
- Matériaux absorbants
- Acoustique biomédicale
- Production, perception et troubles de langage
- Contrôle de bruit
- Aéroacoustique
- Acoustique de vaguelettes
- Normes des bruits au travail
- Psychoacoustique
- Vibroacoustique

Si vous désirez suggérer un sujet de session spéciale et/ou organiser une de ces sessions, veuillez communiquer avec le président du congrès ou le directeur scientifique.



Exposition technique – La Conférence comprendra une exposition d'équipement et de produits de l'acoustique, qui aura lieu jeudi, le 15 octobre 2009. Si vous êtes un fournisseur d'équipement intéressé de participer, veuillez contacter la personne en charge de la coordination de l'exhibition le plus vite possible.

Activités – La conférence débutera le mercredi matin avec une cérémonie d'ouverture et un discours de bienvenue par la Pr. Kendra Schank Smith, Directrice du Département d'architecture à l'Université Ryerson. Mercredi soir, une réception est prévue pour tous les délégués, suivie par une marche Soundscape le long de la rue principale du village, ainsi qu'un concert musical "EMOTICHAIR".

Programme de famille – Si le nombre de personnes intéressées permet, Mme. Suman Ramakrishnan organisera un programme de famille prévu pour tous les époux et les enfants. Ce programme comprendra une promenade à Niagara-on-the-Lake, ainsi qu'une excursion aux chutes Niagara avec arrêts le long de Niagara Parkway. Renseignements seront disponibles avec formulaires d'inscription.

Participation étudiante – La participation d'étudiants au congrès est vivement encouragée. Des aides financières pour le déplacement et une réduction pour l'inscription seront mises à disposition. Un programme pour faciliter le partage des chambres sera mis sur pied pour réduire les dépenses. Les étudiants présentant leurs travaux seront éligibles pour les prix des meilleurs présentations au congrès.

Soumission des présentations – Les dates limites pour soumission pour la publication dans l'issue en cours de "L'Acoustique Canadienne" sont le 1 juin 2009 pour les résumés et le 15 juillet 2009 pour les sommaires de deux pages.



Inscription – Les détails ainsi que le formulaire d'inscription seront mis en ligne sur le site Web de la conférence. Une réduction sera effective pour toute inscription avant le cinquième septembre 2009.

Comité d'organisation

- *Président: Ramani Ramakrishnan [rramakr@ryerson.ca]*
- *Directeur scientifique: Frank Russo [russo@ryerson.ca]*
- *Comité scientifique: Ben Dyson [bdyson@ryerson.ca]*
- *Directeur: Moustafa Osman [moustafa.osma@sympatico.ca]*
- *Trésorier: Dalila Guisti [dalila@jadeacoustics.com]*
- *Exposition technique: Rich Peppin [Rpeppin@aol.com]*
- *Inscription: Mandy Chan [machan@hgcengineering.com]*
- *Inscription: Megan Munro [mmunro@hgcengineering.com]*
- *Inscription: Payam Ezzatian [payam.ezzatian@gmail.com]*
- *Site Web: Payam Ashtiani [pashtiani@aercoustics.com]*
- *Traductrice: Inna Petrennic [inna@echologics.com]*

Site Web de la conférence à <http://www.caa-aca.ca/>

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 \$70.00 for individual members and \$30.00 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 \$70.00. Many companies and institutions prefer to be a Sustaining Subscriber, paying \$300.00 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 \$ 70.00
 CAA Student Membership \$ 30.00

- Institutional Subscription \$ 70.00
 plus mailing surcharge outside Canada:
 \$8 to USA, \$15 other International

- Sustaining Subscriber \$ 300.00
 includes subscription (4 issues /year)
 to *Canadian Acoustics*.

Payment by: Cheque
 Money Order
 VISA credit card (Only VISA accepted)

For payment by VISA credit card:

Card number _____

Name of cardholder _____

Expiry date _____

(Signature)

(Date)

Mail application and attached payment to:

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 70.00\$ pour les membres individuels, et de 30.00\$ 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 70.00\$. Des compagnies et établissements préfèrent souvent la cotisation de membre bienfaiteur, de 300.00\$ 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 70.00 \$
 Membre étudiant(e) 30.00 \$
 Abonnement institutionnel 70.00 \$
Surtaxe d'envoi à l'extérieur du Canada :
 8 \$ vers les États-Unis
 15 \$ tout autre envoi international
 Abonnement de soutien 300.00 \$
(comprend l'abonnement à
l'Acoustique Canadienne)

Méthode de paiement:

- Chèque au nom de l'Association Canadienne d'Acoustique
 Mandat postal
 VISA (Seulement VISA)

Pour carte VISA: Carte n° _____

Nom _____

Date d'expiration _____

(Signature)

(Date)

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

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

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

SECRETARY SECRÉTAIRE

David Quirt
P. O. Box 74068
Ottawa, Ontario
K1M 2H9
(613) 993-9746
dave.quirt@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

Vijay Parsa
(519) 661-2111 Ex. 88947
parsa@nca.uwo.ca

Roberto 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 \$300.00 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 \$300.00 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

ACO Pacific Inc.

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

Acoustec Inc.

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

ACOUSTIKALAB Inc.

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

AECOM

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

Aercoustics Engineering Ltd

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

Bruel & Kjaer North America Inc.

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

Dalimar Instruments Inc.

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

Eckel Industries of Canada Ltd.

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

ECORE International

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

H.L. Blachford Ltd.

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

Hatch Associates Ltd.

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

HGC Engineering Ltd.

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

Hydro-Quebec

M. Blaise Gosselin - (514) 840-3000x5134
gosselin.blaise@hydro.qc.ca - Montréal, QC

Integral DX Engineering Ltd.

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

J.E. Coulter Associates Ltd.

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

J.L.Richards & Assoc. Ltd.

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

Jade Acoustics Inc.

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

JASCO Research Ltd.

Mr. Scott Carr - (902) 405-3336
scott@jasco.com - Halifax, NS

Mc SQUARED System Design Group

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

MJM Conseillers en Acoustique Inc.

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

Novel Dynamics Test Inc.

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

Owens-Corning Canada Inc.

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

OZA Inspections Ltd.

Mr. David Williams - (800) 664-8263x25
oza@ozagroup.com - Grimsby, ON

Peutz & Associés

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

Pyrok Inc.

(914) 777-7770; FAX: (914) 777-7103
info@pyrokinc.com - Mamaroneck, NY

RWDI AIR Inc.

Peter VanDelden - (519) 823-1311
peter.vandelden@rwdi.com - Guelph, ON

Scantek Inc.

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

Sensor Technology Limited

(705) 444-1440; FAX: (705) 444-6787
techsupport@sensortech.ca - Collingwood, ON

SILEX Innovations Inc.

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

SNC/Lavalin Environment Inc.

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

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

State of the Art Acoustik Inc.

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

Swallow Acoustic Consultants Ltd.

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

Tacet Engineering Ltd.

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

Valcoustics Canada Ltd.

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

Vibro-Acoustics

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

Wakefield Acoustics Ltd.

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

West Caldwell Calibration Labs

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

Wilrep Ltd.

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