

## ENSEIGNEMENT DE L'ACOUSTIQUE DU BÂTIMENT AUX ÉTUDIANTS EN ARCHITECTURE DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

Jean-Philippe Migneron, Jean-François Hardy, André Potvin et Claude MH Demers

Groupe de recherche en ambiances physiques, École d'architecture, Université Laval

Vieux-Séminaire, 1 côte de la Fabrique, Québec (Québec), G1R 3V6

E-mail: jean-philippe-migneron.1@ulaval.ca

### RÉSUMÉ

La pratique de l'architecture correspond à la conception d'espaces bâtis pour répondre adéquatement aux besoins de leurs occupants, ce qui inclut plusieurs aspects. Parmi les performances souhaitées, on compte les critères acoustiques. Ceux-ci influencent directement le confort des usagers et la qualité des communications qu'ils peuvent échanger. Même si l'acoustique architecturale est omniprésente, son importance est très variable et elle demeure souvent un élément négligé par les concepteurs. À l'École d'architecture de l'Université Laval, l'étude de l'acoustique fait partie des apprentissages optionnels depuis de nombreuses années. Les étudiants peuvent suivre un ou deux cours théoriques avec des travaux pratiques en laboratoire ou compléter un projet dans le cadre de l'atelier d'ambiances physiques. Cet article tente d'analyser les modes d'enseignements appliqués dans le contexte propre à la formation en architecture.

### ABSTRACT

The practice of architecture can be defined as the design of spaces while keeping in mind occupants' needs, which include several aspects. Among all desired performances, acoustic criteria should be taken into account. These directly affect the comfort of people and the way they can communicate together. Although architectural acoustics is omnipresent in our everyday life, its importance is variable and it remains often neglected by designers. At the school of architecture of Université Laval, the study of acoustics has been part of elective courses for many years. Students can take one or two theory courses with practical laboratory work or complete a project as part of the workshop in physical ambiances. This paper attempts to analyze teaching methods applied in the specific context of architectural education.

## 1. INTRODUCTION

L'enseignement de l'acoustique fait partie des domaines offerts en apprentissage aux étudiants de l'École d'architecture de l'Université Laval depuis la fin des années 60, soit presque depuis la création de cette École. Même si la présentation du contenu tente de suivre les tendances pédagogiques actuelles, la base fondamentale de cet enseignement reste approximativement la même au fil des années. Le présent article vise à décrire l'approche proposée dans le contexte des nouveaux programmes d'architecture de la Faculté d'aménagement, d'architecture et d'arts visuels (FAAAV).

## 2. DESCRIPTION DES COURS D'ACOUSTIQUE

Différentes possibilités s'offrent aux étudiants intéressés par l'acoustique, sans toutefois faire partie du cursus obligatoire des programmes de formation en architecture. À la FAAA, trois cours réguliers sont donnés chaque hiver, tant au baccalauréat, qu'au deuxième cycle. Plus

précisément, il s'agit des cours d'acoustique architecturale (ARC-3103), d'ambiances physiques architecturales et urbaines (ARC-6044), puis de l'atelier d'ambiances physiques et de design architectural (ARC-6037). Ces cours sont décrits ci-après (Secs. 2.1-2.3). Il est à noter que la maîtrise professionnelle est exigée pour être admissible à l'Ordre des Architectes, laquelle peut être réalisée en concomitance avec d'autres études supérieures.

D'autres cours traitent aussi du thème de l'acoustique architecturale par le biais de la réalisation de projets architecturaux qui comprennent des espaces dédiés à la communication ou à la représentation scénique et musicale. Notamment, M. Jacques Plante, professeur et auteur du récent recueil intitulé *Architectures du spectacle au Québec* (Plante 2011), dirige régulièrement des projets de salles de spectacle pour des travaux en atelier en rapport avec son expertise professionnelle reconnue. Toutefois, pour les ateliers d'architecture, l'approche acoustique utilisée ne fait pas appel aux calculs détaillés des performances sonores, elle présente uniquement les étapes préliminaires de conception, telles que l'examen de la forme globale d'une

salle, l'exploitation de quelques dispositifs en relation avec l'acoustique, ainsi que l'étude sommaire des performances acoustiques des matériaux utilisés.

## 2.1. Acoustique architecturale

Le cours optionnel ARC-3103 est normalement offert aux étudiants de 3<sup>e</sup> année du baccalauréat, tout en restant ouvert aux étudiants des autres facultés. Valant 3 crédits universitaires, il totalise 45 heures d'enseignement magistral, à raison de 3 heures par semaine. Trois évaluations complémentaires réalisées en classe comptent pour environ 5 heures.

L'objectif fondamental de ce cours est d'initier les étudiants en architecture aux fondements de l'acoustique architecturale et leur faire comprendre l'importance du contrôle et du design acoustique dans les domaines suivants:

- les locaux dédiés à la communication (salles de conférence, auditoriums, théâtres, etc.);
- les locaux dédiés à la musique ou au spectacle (salles de concert, de musique de chambre, divers types de salles de spectacle, etc.);
- les grands locaux consacrés au travail ou aux loisirs (bureaux, locaux industriels, gymnases, arénas, etc.);
- et l'habitation individuelle et surtout collective.

Le contenu se divise en trois parties, soit les éléments théoriques de base, l'acoustique des salles avec les notions d'absorption et de réverbération, puis l'isolation acoustique dans le bâtiment. Les thèmes abordés visent ainsi à mettre en relief l'importance de l'acoustique dans la pratique des architectes, par la compréhension des aspects scientifiques de l'acoustique et par l'examen de ses applications dans le bâtiment.

L'approche théorique couvre d'abord un important registre : nature et propriétés du son, fréquence, pression acoustique, niveaux de pression, évaluation physiologique de l'intensité sonore et décibel (A), analyse dynamique et  $L_{eq}$ , puissance, intensité acoustique, directivité et sources sonores musicales.

Après ces thèmes fondamentaux, l'acoustique des salles est ensuite abordée, avec les notions de réflexion/absorption, comportement des matériaux absorbants, diffusion et diffraction, défauts acoustiques, design des salles, calcul et mesure du temps de réverbération, détermination des niveaux de pression et du rayon acoustique, indices d'intelligibilité, sans oublier l'appréciation subjective des salles. Environ 6 heures de cours sont ensuite consacrées à l'historique des salles de spectacle et à un tour d'horizon des grandes salles de concert du monde. Toujours en rapport avec l'acoustique des salles, des éléments plus spécifiques sont également abordés, tels que l'influence de l'acoustique sur l'interprétation musicale, la sonorisation des locaux et le traitement particulier des espaces en aires paysagées.

La dernière partie du cours porte enfin sur l'isolation acoustique, les principaux phénomènes de transmission et

les indices d'isolement STC et IIC, en plus de l'examen des normes en vigueur, particulièrement pour l'application du Code National du Bâtiment. Le cours est complété par le design pratique des murs, des planchers, des cloisons sèches, le traitement des ouvertures, le contrôle du bruit dans les constructions, le traitement des bruits d'impacts, l'isolation des systèmes mécaniques, en particulier pour les bruits de ventilation, de même que par l'acoustique des locaux spéciaux.

L'étude détaillée de l'ensemble de ces sujets fournit aux étudiants les outils nécessaires pour résoudre par eux-mêmes des problèmes simples en ce domaine. Ce cours de base d'acoustique architecturale constitue également un bon outil de formation pour les ateliers spécialisés auxquels les étudiants doivent s'inscrire pendant leur formation, comme les projets d'habitation, les projets d'ambiances, les édifices publics ou les détails de construction. Enfin, la compréhension des phénomènes acoustiques permet une meilleure appréciation de l'environnement sonore d'un espace architectural et de son influence sur la qualité des communications.

## 2.2. Ambiances physiques, architecturales et urbaines

Indépendamment du précédent cours, ce séminaire (ARC-6044) de 3 crédits vise à initier les étudiants du 2<sup>e</sup> cycle aux aspects qualitatifs et quantitatifs des ambiances physiques en architecture. L'apprentissage se réalise par l'exploration de méthodes et d'outils d'évaluation ou de prédiction des ambiances.

Parmi les qualités perceptibles de l'environnement étudiées dans la démarche de conception architecturale, trois phénomènes physiques interdépendants définissent plus particulièrement ce rapport nature-architecture: la lumière, le confort thermique et l'acoustique. Ce cours propose l'étude de ces domaines de connaissance distincts dans le contexte plus vaste du développement durable. Ainsi, on parvient à expliquer comment la création d'une ambiance unique naît des propriétés physiques du lieu, de l'espace et du matériau, tout en estimant quels en sont les impacts sur le confort et la santé des occupants, de même que sur l'environnement en termes d'énergie et de ressources.

Les ambiances physiques réfèrent aussi bien aux aspects quantitatifs (ressources, matière, performances) que qualitatifs (perception du confort, bien-être) du bâti nous entourant. Une telle approche suggère que l'enveloppe d'un bâtiment puisse agir comme un filtre entre l'intérieur et l'extérieur pour diminuer la consommation énergétique et optimiser le confort de l'utilisateur. Le concepteur peut moduler cette interface par les variables de l'architecture dans la résolution de l'équation énergie versus confort, puis intégrer, le cas échéant, les systèmes mécaniques complémentaires requis pour le projet. Cette approche systémique, aussi nommée processus de design intégré (PDI), nécessite une investigation à trois échelles : urbaine (effets de l'environnement et du climat extérieur), architec-

turale (organisation spatiale du bâtiment), et matérielle (propriétés physiques des matériaux et résultats en matière de confort). Par ailleurs, les stratégies dites bioclimatiques sont interdépendantes et le but de l'approche systémique est d'optimiser l'ensemble des performances d'un design architectural proposé, tout en minimisant les impacts négatifs. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des bâtiments verts où l'on accorde une importance majeure à la ventilation naturelle comme stratégie de refroidissement passif, mais pour lesquels l'acoustique devient une composante essentielle dans les environnements bruyants.

Les objectifs d'apprentissage généraux s'appliquent à tout le cours, aussi bien en thermique, en lumière, qu'en acoustique. En premier lieu, il est nécessaire de comprendre les notions fondamentales en contrôle des ambiances physiques, ce qui permet ensuite de répondre aux caractéristiques physiques d'un site existant ou d'un projet à développer. Pour ce faire, il importe de maîtriser l'analyse et la prédiction des ambiances qualitativement et quantitativement à l'aide d'outils analogique et/ou numérique pour ainsi optimiser les choix parmi les variables architecturales.

De façon plus concrète, la partie purement acoustique du cours comporte un minimum de quatre périodes de 3 heures, soit approximativement le tiers de l'enseignement.

### 2.3. Atelier d'ambiances physiques et de design

Tel que mentionné, la réponse architecturale au défi posé par le développement durable consiste essentiellement en la résolution de l'équation environnement versus confort. L'atelier de maîtrise professionnelle (menant au titre de M. Arch.) permet ainsi d'aborder, d'étudier et d'approfondir cette problématique par l'étude systémique des ambiances physiques thermiques, lumineuses et acoustiques. Il vise ensuite à intégrer les aspects de l'art et de la science du contrôle des ambiances physiques au processus de design. Il y parvient à travers des activités pratiques de compréhension, de synthèse, d'évaluation et d'expression des notions environnementales qui sous-tendent l'élaboration de projets d'architecture. Évidemment, la réalisation de cette formation pratique va de pair avec le précédent cours d'ambiances physiques, cours concomitant et obligatoire.

De manière plus spécifique, les objectifs d'enseignement de l'atelier sont les suivants :

- Compréhension des principes de base en écologie et responsabilités de l'architecte envers l'environnement et la conservation des ressources, tant en architecture qu'en design urbain;
- Capacité à répondre aux caractéristiques naturelles et construites d'un site dans le développement d'un programme et le design d'un projet;
- Compréhension de l'impact des climats, tant thermique, lumineux que sonore, sur l'environnement physique et humain, de leur influence sur la forme bâtie et de leur potentiel générateur de nouvelles

hypothèses de design;

- Développement des capacités de l'étudiant à intégrer la variable environnement à ses projets d'architecture en s'assurant de satisfaire globalement aux aspects biologiques (confort), écologiques (conservation des ressources), sociaux, opérationnels (programme) et perceptuels.
- Capacité de concevoir un projet complet fondé sur une idée architecturale, un programme et un site, le projet devant intégrer des systèmes structuraux et environnementaux, les enveloppes de bâtiments, les assemblages de construction, les systèmes de sécurité et les principes de responsabilité environnementale. (Critère C4-Design complet du Conseil canadien de certification en architecture).

De manière hebdomadaire, le temps imparti à la supervision du travail d'atelier se divise entre un bloc de 3 heures et une journée de 6 heures. À ces deux périodes s'ajoute un minimum recommandé de 9 heures de travail autonome. Il est à remarquer que la charge de travail de l'atelier est relativement exigeante pour les étudiants. Il s'agit effectivement d'une étape charnière dans leur cheminement vers la pratique architecturale, puisqu'ils doivent, pour la première fois de leur formation, concevoir en équipe un projet complet de bâtiment durable. Étant donné ce contexte, l'atelier compte pour un total de six crédits universitaires applicables au programme régulier de maîtrise professionnelle. Suivant la nature du projet, l'acoustique peut prendre une proportion plus ou moins importante, néanmoins, une planche analytique en acoustique est au minimum requise pour chaque projet.

## 3. MÉTHODES PÉDAGOGIQUES

À l'exception de l'atelier d'ambiances physiques, les périodes de cours sont principalement composées de cours magistraux, étant donné l'ampleur de la matière couverte et le temps limité disponible. Des notes de cours, comprenant un certain nombre d'exercices résolus, sont offertes aux étudiants. Les apprentissages sont toujours renforcés à l'aide de démonstrations réalisées en classe.

Les travaux demandés aux étudiants, soit les expériences en laboratoire, les relevés acoustiques in situ ou l'intégration de paramètres acoustiques contrôlés à l'intérieur d'un projet architectural, permettent de compléter l'acquisition des réflexes qui seront nécessaires à la pratique des futurs architectes.

### 3.1. Outils d'enseignement et de recherche

L'enseignement et la recherche en acoustique architecturale s'appuie à l'Université Laval sur divers outils. Un certain nombre de diaporamas permettent d'offrir un contenu visuel détaillé lors des séances de cours magistraux. Les notes de cours développées au cours des années comprennent l'essentiel du contenu des présentations et des exercices relatifs aux éléments de calculs abordés.



Des systèmes d'acquisition en temps réel (analyseurs Brüel & Kjaer et analyseur TEF) sont utilisés à des fins de démonstration et pour l'exécution des travaux pratiques demandés aux étudiants. De manière complémentaire, plusieurs instruments portables sont disponibles pour faciliter la compréhension des notions théoriques. Notamment, divers types de sonomètres sont utilisés, en combinaison avec des enregistreurs graphiques et divers équipements de reproduction sonore.

Les étudiants à la maîtrise peuvent utiliser des logiciels de modélisation et de prédiction, tel qu'Autodesk Ecotect Analysis, lequel a été mis au point pour la conception durable de bâtiments. D'autres logiciels sont aussi disponibles via le Laboratoire d'Acoustique pour des applications en recherches, par exemple CATT-Acoustics, l'environnement de programmation MATLAB ou COMSOL Multiphysics. Enfin, la bibliothèque de l'École d'architecture donne accès aux principales publications et à de nombreux ouvrages de référence dans le domaine. Il est à noter que le Laboratoire d'Acoustique abrite la collection complète des numéros du *Journal of the Acoustical Society of America* parus depuis 1971.

### 3.2. Laboratoire d'Acoustique

Le Laboratoire d'Acoustique de l'Université Laval (LAUL) constitue la plus imposante installation de recherche expérimentale appartenant à l'École d'architecture. Contrairement aux autres pavillons de la FAAAV, le laboratoire se trouve sur le campus principal de l'université. En plus d'une salle de contrôle et d'instrumentation, les locaux aménagés au sous-sol du PEPS comportent trois chambres de mesures :

- Une chambre réverbérante de 200 m<sup>3</sup> destinée aux mesures d'absorption acoustique des matériaux;
- Une chambre réverbérante de 60 m<sup>3</sup> destinée aux mesures d'isolation acoustique des parois (le cadre entre les deux chambres peut recevoir des échantillons de murs, portes ou fenêtres, de 7.9 m<sup>2</sup>);
- Une chambre semi-anéchoïque de 60 m<sup>3</sup> destinée aux mesures de puissance acoustique et de directivité, notamment pour des mesures sur des équipements résidentiels bruyants, comme les thermopompes.

La figure 1 en illustre l'aménagement. La grande chambre réverbérante est construite en blocs de béton pleins, avec un enduit. La hauteur libre sous le plafond de la chambre est 4,25 m et ce plafond comporte des crochets de suspension pour les matériaux.

La petite chambre réverbérante, de même que la chambre anéchoïque, reposent sur deux dalles anti-vibratoire indépendantes en béton de 10" d'épaisseur. Pour les tests de transmission, l'isolement acoustique minimal garanti entre les deux chambres dépasse STC-80. La chambre anéchoïque comporte un large conduit de ventilation menant directement vers l'extérieur, ce qui permet de l'utiliser pour une thermopompe en fonctionnement normal, voire même pour un équipement avec un

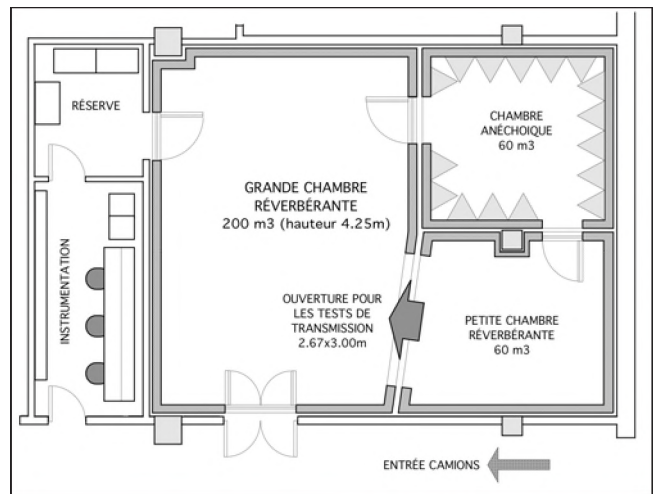


Figure 1. Aménagement du Laboratoire d'Acoustique de l'Université Laval.



Figure 2. Travail pratique des étudiants en laboratoire visant à comparer l'absorption de fauteuils occupés ou non.

moteur à explosion. Enfin, un système de mesure des débits d'air à pression statique constante a récemment été ajouté aux installations existantes. Ce dernier dispositif permettra de mener simultanément des mesures d'isolation acoustique et des mesures de ventilation sur différents éléments de construction, tels que portes ou fenêtres.

### 3.3. Contenu des cours réguliers

Les deux cours axés sur les aspects théoriques de l'acoustique, soit ARC-3103 au baccalauréat et ARC-6044 à la maîtrise, comportent de nombreuses similarités dans l'approche pédagogique utilisée. La portion acoustique du cours d'ambiances physiques consiste principalement en une version abrégée du cours d'acoustique architecturale. Néanmoins, il s'attarde plus largement sur la notion de paysage sonore (*soundscape*), et sur l'acoustique urbaine. De plus, il met surtout l'accent sur la description et le contrôle de l'ambiance acoustique dans le bâtiment.

Pour ARC-3103 au baccalauréat, en plus des notes de cours, deux ouvrages de référence sont particulièrement recommandés : *Architectural Acoustics* de David Egan (1988) et *Architectural Acoustics*, de Marshall Long

(2006). Tel que mentionné précédemment, le cours comporte trois évaluations visant la révision de toute la matière, sans la contrainte d'un examen conventionnel. Il est ainsi demandé de solutionner des exemples numériques et de répondre à des questions de synthèse. Ces étapes de révision peuvent être complétées en ayant accès aux notes de cours et en offrant la possibilité de poser des questions lorsqu'il subsiste des difficultés de compréhension. Les cours magistraux, de 3 heures par semaine, incluent diverses démonstrations techniques en classe. Celles-ci permettent de concrétiser les notions théoriques souvent considérées comme assez complexes selon l'avis des étudiants en architecture. De plus, au moins une visite détaillée est également organisée dans une salle de spectacle, notamment la belle salle de concert Raoul-Jobin du Palais Montcalm de Québec.

Les travaux pratiques effectués en mi-session sont réalisés par équipe de deux ou trois étudiants. Pour les séances faites au Laboratoire, au moins trois expériences doivent être exécutées, soit un test de transmission avec détermination de l'indice STC, une estimation de la directivité ou de la puissance d'une source sonore, puis une mesure des coefficients d'absorption par bandes au tiers d'octave comme le montre la figure 2. Dans certains cas, les étudiants peuvent accomplir des relevés acoustiques détaillés dans une salle judicieusement choisie (théâtre, auditorium ou salle de spectacle de la région de Québec). Pour simplifier la réalisation des travaux pratiques, de même que leur correction, un formulaire doit être rempli en ajoutant photographies, croquis, tableaux de mesures et calculs, selon les indications fournies.

Outre les précédentes évaluations, 45% de la note totale du cours d'acoustique architecturale est attribuée au travail de fin de trimestre. Ce dernier est choisi par les étudiants, individuellement ou en équipe, entre un projet de design acoustique parmi plusieurs offerts, ou un rapport de recherche portant sur un quelconque sujet acoustique approuvé par le professeur. Le plus souvent, il s'agit de l'étude comparative de différentes salles de spectacle ou de concert. Pour répartir la charge de travail sur l'ensemble de la session, un plan de travail doit être remis en milieu de session. Les étudiants peuvent ainsi obtenir des commentaires préliminaires détaillés avant leur évaluation finale.

Pour revenir au cours d'ambiances physiques (ARC-6044), la partie acoustique dispose de notes de cours complémentaires adaptées spécifiquement à une forme d'enseignement condensée. Autrement, le manuel de référence intitulé *Sun, Wind and Light : Architectural Design Strategies* (Brown et DeKay, 2001) est obligatoire pour les autres parties de la matière (thermique et lumineuse). Outre le séminaire qui se trouve divisé en trois parties (thermique, lumière et acoustique), il est demandé aux étudiants de compléter leur apprentissage hebdomadaire par des lectures suggérées, tant dans les manuels obligatoires que dans la littérature scientifique.

Toujours à propos du cours d'ambiances physiques, trois travaux pratiques courts associés à chacune des parties sont évalués successivement durant la session. En acoustique, il est demandé de procéder à une étude comparative des ambiances sonores offertes par trois ou quatre lieux comparables à l'espace principal du projet d'atelier, avant de calculer les performances attendues pour le design finalement retenu. Un quatrième travail pratique long consiste ensuite à intégrer systématiquement les connaissances des trois domaines étudiés dans le même projet.

### 3.4. Pratique en atelier

La session de l'atelier ARC-6037, au niveau de la maîtrise professionnelle, se divise en quatre étapes, soit l'esquisse, le préliminaire, l'intermédiaire et le final. Au travers d'un projet concis, les travaux proposés permettent une approche visuelle et tactile des ambiances architecturales, en utilisant notamment la maquette pour exploiter des matières réelles choisies pour leur potentiel à générer une ambiance physique particulière. Le travail à échelle réduite est effectivement très profitable pour prendre conscience des résultats produits par une certaine conception des espaces.

Outre la démarche orientée sur le développement durable, le thème choisi chaque année cherche souvent à répondre aux critères d'un concours international d'architecture. Après quatre mois de travail intensif, la plupart des équipes réussissent à soumettre leur projet respectif et à remporter des mentions ou des prix d'excellence.

Selon la méthode répandue dans la pratique architecturale, les travaux d'atelier sont évalués à trois occasions durant la session, par un jury composé de professionnels (architectes ou ingénieurs) et des professeurs responsables du cours. Les échanges avec de futurs collaborateurs constituent un défi de taille pour les étudiants, mais aussi une source d'inspiration ou de remise en question.

L'atelier d'ambiances physiques et de design bénéficie maintenant d'un local permanent équipé d'un ciel artificiel. En pratique, les étudiants passent la majorité de leur temps libre entre les cours à l'horaire dans cet espace où chacun dispose de son bureau et de tables de travail pour la préparation de maquettes. Généralement, les échanges entre les équipes sont nombreux et l'entraide est notable lors des phases initiales des projets.

Au final, les étudiants doivent présenter efficacement leur parti architectural par l'intégration des systèmes hybrides de contrôle des ambiances physiques et les stratégies bioclimatiques. Cette étape inclut un exposé débattu par le jury et soutenu par une ou plusieurs maquettes, ainsi que par les planches graphiques requises.

### 3.5. Études supérieures

Les études supérieures impliquant une spécialisation de recherche en acoustique architecturale sont aussi possibles à l'Université Laval. Toutefois, le nombre de demandes reste relativement restreint. Au deuxième cycle, un programme de maîtrise en recherche scientifique (M. Sc. en architecture) peut être suivi, tandis qu'au troisième cycle, aucun programme régulier n'est disponible, les étudiants intéressés peuvent cependant effectuer une demande de doctorat sur mesure. Évidemment, l'intégration au sein d'un groupe de recherche facilite grandement la réalisation des études supérieures. Le Groupe de recherche en ambiances physiques (GRAP) traite de l'acoustique comme une des composantes des ambiances. Par ailleurs, différentes activités de recherches ont aussi été accomplies en acoustique urbaine avec le Centre de recherche en aménagement et en développement (CRAD).

## 4. DISCUSSION

Les sections précédentes ayant présenté formellement le fonctionnement général de l'enseignement de l'acoustique à l'École d'architecture de l'Université Laval, il convient de revenir de façon plus critique sur les différents aspects de cet enseignement.

### 4.1. Bilan des avantages et inconvénients

Pour analyser les avantages et désavantages de l'approche utilisée pour l'enseignement de l'acoustique, voici un résumé de quelques constats complémentaires, positifs ou négatifs:

- L'enseignement actuel, tant au 1<sup>er</sup> qu'aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycle, est bien structuré, s'appuyant sur plusieurs dizaines d'années d'expérience en rapport avec la formation en architecture.
- L'École d'architecture dispose d'une panoplie d'outils facilitant l'enseignement de l'acoustique, toutefois, les ressources consacrées à ces équipements sont limitées.
- L'arrivée de la réseautique et des ordinateurs portables pour la prise de notes durant les cours magistraux ne semble pas adaptée à l'enseignement de l'acoustique. Plutôt que d'améliorer l'attention des étudiants, elle constitue le plus souvent une source de distraction.
- Les nombreuses démonstrations réalisées tout au long des cours théoriques sont indispensables à la compréhension de la matière enseignée.
- Tous les cours d'acoustique proposés sont optionnels. Par conséquent, il peut être regrettable que certains futurs architectes, malgré cinq années d'étude, n'aient jamais sérieusement abordé les aspects relatifs à l'acoustique architecturale.
- Par ailleurs, les étudiants qui choisissent l'acoustique comme cours optionnel sont généralement intéressés par le sujet et montrent une bonne participation en

classe, ce qui permet un enseignement de qualité.

- Le cours d'acoustique architecturale donnée en 3<sup>e</sup> année d'étude au baccalauréat accueille également des étudiants étrangers en échange international ou des étudiants venus d'autres facultés, particulièrement de musique ou de sciences et génie. Ceci a l'avantage d'accroître les exemples illustratifs, même si on peut déplorer le manque d'interaction entre les étudiants en architecture et ceux de l'extérieur.
- La localisation de l'École d'architecture dans le centre historique de la ville de Québec la laisse relativement en marge par rapport au reste du campus universitaire. De façon pratique, le temps de déplacement engendre des conflits d'horaire pour certains étudiants des autres facultés. L'inverse est aussi applicable pour le Laboratoire situé sur le campus principal de l'université à Ste-Foy.

### 4.2. Améliorations possibles et échanges interfacultaires

Les exemples de calculs ou les démonstrations expérimentales développés en cours, de même que les travaux pratiques au Laboratoire, visent tous à faire participer les étudiants, individuellement ou en groupe, à l'enseignement des bases théoriques et à la compréhension de la matière. Ce type d'activités pourrait être développé davantage. Néanmoins, une éventuelle réduction de la proportion de l'enseignement magistral ou des présentations audiovisuelles des professeurs ne paraît pas réalisable sans écarter une partie du contenu du cours. Il faut conséquemment conserver un juste équilibre entre la densité du contenu et le temps consacré à le communiquer.

En ce qui concerne le Laboratoire d'Acoustique, les installations seraient en mesure d'accueillir un plus grand nombre de projets de recherche. L'augmentation des activités ou la création d'une chaire en innovation pourrait faciliter le maintien et l'amélioration, tant des locaux que des équipements.

Dans le passé, certains échanges sporadiques ont eu lieu avec les autres facultés de l'Université Laval. Cependant, les projets de recherche n'ont jamais permis de créer des liens permanents entre les différents domaines et chercheurs qui peuvent traiter d'acoustique. Cette dynamique est probablement en train d'évoluer grâce à la participation de certains professeurs. D'ailleurs, le cours d'acoustique architecturale fait maintenant partie des cours optionnels au certificat en création numérique de la faculté de musique. Il est évident qu'il existe un potentiel intéressant pour partager l'enseignement de l'acoustique avec d'autres domaines d'enseignement, dont l'ingénierie et la musique.

Dans le même sens, il pourrait être profitable d'ajuster l'horaire des cours afin de permettre l'inscription des étudiants hors faculté. Enfin, certains séminaires pourraient être mis sur pied pour répondre aux besoins spécifiques de programmes de formation qui ne permettent pas d'intégrer un cours complet dédié à l'acoustique.



## 5. CONCLUSION

Le cursus acoustique de la formation en architecture offerte à l'Université Laval est implanté depuis de nombreuses années en périphérie de l'enseignement de base. Il constitue un apprentissage important et utile pour les futurs architectes, sans pour autant être imposé aux étudiants inscrits au cheminement le plus fréquent, celui qui se termine par l'obtention d'un grade de maîtrise professionnelle. Demeurant optionnelle, la formation en acoustique est suivie principalement par des étudiants qui, pour une raison ou une autre, s'intéressent particulièrement à la perception sonore, à l'environnement acoustique et aux ambiances architecturales. Ceux qui le désirent peuvent poursuivre une recherche au second et troisième cycle et alors bénéficier du support matériel offert par le Laboratoire d'Acoustique et par le Groupe de Recherche en Ambiances Physiques.

Il semble finalement opportun de laisser le dernier mot à une personne ayant bénéficié des cours d'acoustique. Selon Maxime Riopel, un ancien étudiant, il convient de partager le point de vue suivant : *« En ce qui a trait à l'enseignement de l'acoustique, je trouve personnellement que ce domaine est très pertinent à notre formation, mais n'est toutefois pas assez poussé à l'École d'architecture. Nous nous rendons de plus en plus compte que l'acoustique est un élément omniprésent et qu'il serait important de savoir le gérer. L'École offre des cours optionnels, mais je crois que certaines notions devraient être présentées de façons obligatoires. Dans notre cas,*

*par contre, nous avons eu la chance d'avoir un volet sur l'acoustique dans notre cours d'ambiances physiques. Ce fût, en général, très apprécié. Il s'agissait d'une bonne amorce dans le domaine qui nous poussera, pour ceux que ça intéresse, à aller plus loin. »* Cet avis résume bien l'impression générale exprimée par plusieurs finissants ayant suivi les cours d'acoustique.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier M. Jean-Gabriel Migneron pour toutes les années qu'il a consacrées à l'enseignement de l'acoustique à l'Université Laval. Malgré la retraite, il poursuit d'ailleurs son implication dans l'enseignement à titre de professeur associé.

## RÉFÉRENCES

- Brown, G.Z., Mark DeKay, (2001). Sun, Wind and Light : Architectural Design Strategies, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley and Sons Inc, New York, 382 pages.
- Egan, David M. (1988). Architectural Acoustics, MacGraw-Hill, New-York, 411 pages.
- Long, Marshall (2006). Architectural Acoustics, Elsevier Academic Press, Burlington MA, 844 pages.
- Plante, Jacques (2011). Architectures du spectacle au Québec, Publications du Québec, Québec, 306 pages.



# Freedom Step

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

**AcoustiFloat®**  
Acoustical & Impact Subfloor Systems

**WILREP LTD.**

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

[www.acoustifloat.com](http://www.acoustifloat.com)

**Gym Rooms Playrooms Home Theaters Dance Floors**

AcoustiFloat is a registered Trademark of WILREP LTD.

# Call for Papers

A Special Issue of the

**International Journal of Industrial Ergonomics**

## **OCCUPATIONAL NOISE EXPOSURE: EXPOSURE ASSESSMENT AND CONTROL**

Exposure to occupational noise is related to hearing loss, discomfort, fatigue and several other health and safety risks among the exposed workers. Although the research efforts over the past few decades have evolved into valuable guidelines and standards to protect workers from excessive exposures to noise, the subject of health effects, assessment and control continues to pose an array of multi-disciplinary challenges. The objective of this special issue is to compile recent research and development efforts in the field, including characterization and assessments, industrial noise control, the state of the art in the associated supporting technologies, hearing protection and perspectives on future developments and applications.

The specific topics of interest within the scope of this special issue include (but not being limited) the following:

- Characterization and assessments of workplace noise environment and noise sources;
- Hearing protection;
- Audiological and non-audiological health risks;
- Communication in noisy environments and safety issues;
- Comfort and perception issues related to workplace noise and hearing protection;
- Epidemiology;
- Standards: applications and limitations;
- Ergonomic interventions for risk control;
- Techniques for noise mitigation and industrial noise control, active noise control;
- Effect of noise on human performance;
- Analytical and numerical methods for noise assessment and control.

Prospective authors are invited to submit their original works within the scope of the special issue. The authors should follow the journal guidelines (<http://ees.elsevier.com/ergon/>) for preparing their manuscripts, and submit electronically to the journal website using the web-based submission tools. Each manuscript will be reviewed in accordance with the journal requirements.

### **SCHEDULE FOR SUBMISSIONS (tentative)**

Manuscript Submission Deadline:	15 March 2012
Reviewers' reports and decision:	30 April 2012
Final Manuscript Due on:	30 June 2012

### **GUEST EDITORS**

R. Ramakrishnan, DSc., P.Eng  
Associate Professor, Architectural Science  
Ryerson University  
350 Victoria Street  
Toronto, Ontario, CANADA M5B 2K3  
Email: [rramakri@ryerson.ca](mailto:rramakri@ryerson.ca)

P. Marcotte, Ph.D.  
IRSST, Research Department  
505 boul. de Maisonneuve West  
Montreal, Quebec H3A 3C2  
Canada  
Email: [marcotte.pierre@irsst.qc.ca](mailto:marcotte.pierre@irsst.qc.ca)