

FORMATIONS UNIVERSITAIRES EN ACOUSTIQUE ET EN CONTRÔLE DU BRUIT À L'UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Raymond Panneton

Groupe d'Acoustique de l'Université de Sherbrooke (GAUS), Département de génie mécanique

Faculté de génie, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec J1K 2R1

E-mail: Raymond.Panneton@USherbrooke.ca

RÉSUMÉ

Au Département de génie mécanique de l'Université de Sherbrooke, plusieurs professeurs et chercheurs mettent en commun des expertises complémentaires en acoustique et vibrations dans un centre de recherche universitaire, le Groupe d'acoustique de l'Université de Sherbrooke (GAUS). Cette mise en commun d'expertises et d'infrastructures permet d'offrir un environnement favorable à la recherche, au transfert technologique et à une formation spécialisée en acoustique et vibrations. Au volet de la formation, divers cheminements existent pour des élèves de 1^{er}, 2^e et 3^e cycles en ingénierie qui désirent se spécialiser dans ce domaine. Cet article présente les différents cheminements de formation en acoustique et vibrations qui sont offerts par le Département de génie mécanique de l'Université de Sherbrooke, ainsi qu'un survol des principales activités pédagogiques en acoustique et vibrations.

ABSTRACT

In the Department of Mechanical Engineering at the Université de Sherbrooke, several professors and researchers are pooling complementary expertise in acoustics and vibration in a University research center, the Acoustics Group of the Université de Sherbrooke (GAUS). This pooling of expertise and infrastructure provides an environment conducive to research, technology transfer and specialized training in acoustics and vibration. For the training component, several courses are for undergraduate and graduate students in engineering who wish to specialize in this area. This paper presents the various training courses in acoustics and vibration that are offered by the Department of Mechanical Engineering at the Université de Sherbrooke, and an overview of the related main teaching activities.

1. INTRODUCTION

Le Groupe d'acoustique de l'Université de Sherbrooke (GAUS)¹ regroupe 70 personnes dont 7 professeurs, 6 professeurs associés, des professionnels et techniciens de recherche, des étudiants aux trois cycles universitaires ainsi qu'une infrastructure de laboratoires unique au Canada. Avec de nouvelles constructions en cours², les laboratoires du GAUS couvriront une surface de 747 m² accueillant un laboratoire de vibroacoustique avec des chambres semi-anéchoïque et réverbérante contiguës (*transmission loss suite*), un laboratoire de développement de systèmes de contrôle actif, un laboratoire de caractérisation des matériaux acoustiques, un laboratoire vibroacoustique, une nouvelle chambre complètement anéchoïque, un nouveau hall d'expérimentation vibroacoustique pour tester de grandes structures (autos et sections d'avion) et un nouveau laboratoire de reconstruction et de synthèse de champs sonores.

Au-delà de l'acoustique et des vibrations, les champs d'expertise et les spécialisations couverts par le GAUS sont

le contrôle actif (bruit et vibrations), les structures intelligentes, les matériaux absorbants acoustiques et amortissants vibratoires, la modélisation et l'analyse numérique appliquée aux problèmes de vibrations, d'acoustique et de vibroacoustique, les mesures et les caractérisations expérimentales, la surveillance embarquée de structures, l'imagerie acoustique et la synthèse de champs sonores et l'éco-conception acoustique.

Ce regroupement de professeurs et de chercheurs, cette mise en commun d'expertises et les infrastructures disponibles au Département de génie mécanique offrent un creuset favorable à la formation d'ingénieurs et de personnels hautement qualifiés (PHQ) en acoustique et vibrations aux trois cycles universitaires.

Dans ce qui suit, nous présenterons les cheminements de formation qu'un élève en génie peut suivre pour obtenir une spécialisation en acoustique à l'Université de Sherbrooke. Les cheminements de premier, deuxième et troisième cycles seront successivement présentés. De plus, un survol des principales activités pédagogiques sous-jacentes à ces cheminements sera présenté.

2. CHEMINEMENTS DE FORMATION EN ACOUSTIQUE

2.1. Baccalauréat en génie mécanique (B.Ing.)

Au 1^{er} cycle, le baccalauréat en génie mécanique³ de l'Université de Sherbrooke se fait en régime coopératif, c.-à-d. par une alternance de sessions académiques (Si) et de stages (Ti), comme illustré à la Figure 1. Les quatre premières sessions académiques comportent chacune un projet d'intégration. Ce projet vise à mettre en pratique les notions vues dans les différents cours d'une même session. Les quatre dernières sessions portent quant à elles sur un projet majeur de conception suivant les étapes du Tableau 1.

Dans le baccalauréat en génie mécanique, deux concentrations sont offertes : une en bioingénierie et une en aéronautique. Aucune en acoustique n'existe à ce jour. Néanmoins, par leurs choix d'activités pédagogiques à option, du projet majeur de conception ou de stages, des étudiants en génie mécanique peuvent se spécialiser en acoustique. Ci-dessous, deux cheminements possibles sont présentés.

Cheminement académique

À l'instar des deux concentrations existantes, jusqu'à 4 activités à option (soit 12 crédits) peuvent être choisies aux sessions S6 et S8. De plus, les étudiants peuvent choisir un projet majeur de conception portant sur l'acoustique. Dans ce cas, des professeurs du GAUS proposent des projets et encadrent volontairement l'équipe d'étudiants travaillant sur le projet.

Le cas récent de l'étudiant X est cité ici en exemple. À la session S6, l'étudiant s'inscrit à deux activités pédagogiques en acoustique (GMC720 et GMC729, voir section 3). Deux professeurs du GAUS proposent un projet de conception, soit concevoir un tube d'impédance acoustique à forts niveaux avec écoulement et son système d'acquisition et de traitements des données. L'étudiant X ainsi que 5 autres étudiants choisissent ce projet. Les deux professeurs ayant proposé le projet encadrent l'équipe d'étudiants avec un professionnel de recherche du GAUS. À la session S8, l'étudiant X et son équipe présentent leur projet SONIC lors de la 14^e exposition Mécagéniale©. La Figure 2 présente le résultat de leur conception.

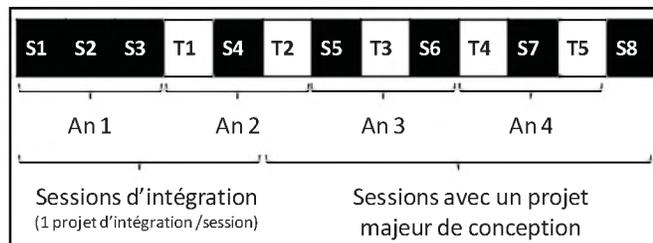


Figure 1. Cheminement de formation typique au baccalauréat en génie mécanique à l'Université de Sherbrooke.

Tableau 1. Les 5 étapes des projets majeurs de conception au baccalauréat en génie mécanique de l'Université de Sherbrooke.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. définition d'un avant-projet; 2. émergence et sélection de concepts; 3. dimensionnement et validation des concepts; 4. réalisation d'un prototype et son expérimentation; 5. fabrication et production d'un produit ou d'un système. |
|---|

Cheminement stage

Le deuxième cheminement peut être suivi tout en suivant celui académique présenté précédemment. Ce deuxième cheminement est celui des stages. Dans son baccalauréat coopératif, l'étudiant doit faire 5 stages rémunérés (avec un minimum de 4 stages) de 4 mois en entreprise. L'un ou plusieurs de ces stages peuvent être faits dans des laboratoires de recherche universitaires. Ainsi, annuellement, le GAUS accueille plus d'une dizaine de stagiaires de 1^{er} cycle. Le stagiaire travaille pendant quatre mois sur un projet lié à l'acoustique. Selon son expérience (T1 à T5), les tâches qui lui sont confiées sont plus ou moins conséquentes. Il côtoie d'autres stagiaires, des ingénieurs de recherche, des stagiaires postdoctoraux et des étudiants de 2^e et 3^e cycles. Il se spécialise ainsi dans un des volets de l'acoustique par l'apprentissage pratique.

2.2. Maîtrise en génie mécanique (M.Sc.A.)

Les études de 2^e cycle sont en générale le moyen privilégié d'acquérir une spécialisation en acoustique à la Faculté de génie de l'Université de Sherbrooke. Même s'il n'y a pas de microprogramme de 2^e cycle en acoustique à ce jour, un étudiant peut obtenir une maîtrise en génie mécanique⁴ spécialisée en acoustique suivant trois cheminements possibles.



Figure 2. Projet SONIC. Projet majeur de conception en acoustique dans le cadre du baccalauréat en génie mécanique.

Cheminement de type recherche (mémoire)

L'inscription au cheminement de type recherche se fait suite à l'obtention du baccalauréat en génie mécanique (ou l'équivalent). Selon la Figure 3, pour des étudiants du Québec, c'est donc après la session S8. En général, dans ce cheminement, la durée souhaitée à la maîtrise (M) est de 4 sessions (maximum 6). Les caractéristiques de ce cheminement, appliqué à la spécialisation en acoustique, sont présentées au Tableau 2. La description des différentes activités pédagogiques présentées sur ce tableau est donnée sur le site Internet de ce diplôme⁴. Il est à noter que le projet de recherche du Tableau 2 est un projet proposé et encadré par un professeur affilié au GAUS. Une liste de projets est présentée sur le site Internet du GAUS¹.

À titre d'exemple, l'étudiant Y a identifié un projet de recherche proposé par un professeur du GAUS. Le professeur accepte d'être le directeur de recherche de l'étudiant. L'étudiant peut alors s'inscrire à la maîtrise en génie mécanique. Avec son directeur de recherche, il définit son plan de formation (activité SCA702) dans lequel il planifie les 15 crédits de cours (soit 5 cours de 3 crédits) qui l'aideront à réaliser son projet et son mémoire de recherche. En général, au moins 3 cours spécialisés en acoustique sont planifiés.

Cheminement de type cours (essai)

De façon similaire au cheminement de type recherche, un étudiant peut s'inscrire au cheminement de type cours après l'obtention d'un baccalauréat en génie mécanique (ou l'équivalent). Dans ce cas, la durée souhaitée est de 3 sessions (un an à temps plein), mais elle peut être beaucoup plus longue dans le cas d'une formation à temps partiel (ex. : ingénieur sur le marché du travail).

Dans le cadre du cheminement de type cours, le cheminement suggéré pour qu'un étudiant se spécialise en acoustique est présenté au Tableau 3. Ce cheminement est à l'image d'un microprogramme de 2^e cycle, où l'étudiant doit s'inscrire à un minimum de 9 crédits de cours spécialisés en acoustique (typiquement 3 cours). De plus, il doit s'inscrire à un essai de 8 crédits (GMC808), auquel il peut ajouter un projet de développement en acoustique de 3 ou 6 crédits (activité GMC805 ou GMC806). Il aura donc l'équivalent d'un projet de développement en acoustique de 8, 11 ou 14 crédits, en plus d'un minimum de 9 crédits de cours en acoustique.

À titre d'exemple, l'étudiant Y choisit un projet de développement proposé par un des professeurs du GAUS. Le professeur agit dans ce cas comme directeur d'essai de l'étudiant. Avec lui, il établit son plan de formation (SCA702) dans lequel les activités pédagogiques qui permettront à l'étudiant d'atteindre ses objectifs de formation sont planifiées. Au moins 9 crédits (soit 3 cours) spécialisés en acoustique sont planifiés.



Figure 3. Cheminement de type recherche ou cours en génie mécanique à l'Université de Sherbrooke.

Tableau 2. Caractéristiques de la maîtrise en génie mécanique⁴ à l'Université de Sherbrooke – cheminement de type recherche en acoustique encadré par un professeur affilié au GAUS.

Maîtrise de 45 crédits avec mémoire
Mène au grade de M.Sc.A.
Le GAUS assure un financement (bourse ou salaire) à l'étudiant
Projet de recherche en acoustique proposé et encadré par un professeur affilié au GAUS
Activités pédagogiques obligatoires (30 crédits) GMC726 – Introduction au projet de recherche (1 cr.) GMC727 – Définition du projet de recherche (4 cr.) GMC728 – Séminaires de recherche (1 cr.) SCA701 – Méthodologie de recherche et communication (3 cr.) SCA702 – Plan de formation en maîtrise (0 cr.) SCA715 – Sécurité dans les laboratoires de recherche (0 cr.) SCA729 – Rapport d'avancement en recherche (3 cr.) SCA730 – Activités de recherche et mémoire (18 cr.)
Activités pédagogiques en <u>acoustique</u> (9 à 15 crédits) Voir section 3
Activités pédagogiques à option (0 à 6 crédits) Activités pédagogiques offertes à la maîtrise en génie mécanique
Activités pédagogiques au choix (0 à 6 crédits) Activités pédagogiques offertes à l'Université

Tableau 3. Caractéristiques de la maîtrise en génie mécanique⁴ à l'Université de Sherbrooke – cheminement de type cours en acoustique encadré par un professeur affilié au GAUS.

Maîtrise de 45 crédits avec essai
Mène au grade de M.Sc.A.
Le GAUS n'assure pas de financement à l'étudiant
Projet de développement en acoustique proposé et encadré par un professeur affilié au GAUS (0, 3 ou 6 crédits) avec essai (8 crédits) [total de 8, 11 ou 14 crédits]. Choisir entre : GMC808 – Essai (8 cr.) ou GMC808 – Essai (8 cr.) + GMC805 – Projet de développement en génie mécanique I (3 cr.) ou GMC808 – Essai (8 cr.) + GMC806 – Projet de développement en génie mécanique II (6 cr.)
Activités pédagogiques obligatoires (1 crédit) GMC807 – Définition du projet d'essai (1 cr.) SCA702 – Plan de formation en maîtrise (0 cr.) SCA716 – Sécurité dans les laboratoires (0 cr.)
Activités pédagogiques en <u>acoustique</u> (9 à 15 crédits) Voir section 3
Activités pédagogiques à option (21 à 27 crédits) Activités pédagogiques offertes à la maîtrise en génie mécanique
Activités pédagogiques au choix (0 à 6 crédits) Activités pédagogiques offertes à l'Université

Cheminement intégré baccalauréat-maîtrise

Un dernier cheminement de formation peut être suivi par certains étudiants désirant se spécialiser en acoustique. Tandis que les deux premiers s'adressent à tous les étudiants (nationaux et internationaux), ce dernier cheminement s'adresse uniquement aux étudiants du baccalauréat en génie mécanique de l'Université de Sherbrooke. Il s'agit du cheminement intégré baccalauréat-maîtrise. Son avantage est de minimiser la durée des études de maîtrise en commençant dès la session S6 du baccalauréat le programme de maîtrise, en parallèle au baccalauréat. Son cheminement est résumé à la Figure 4. Ce programme est présenté aux étudiants du baccalauréat en milieu de cheminement. Dès la session S5, les étudiants intéressés choisissent un directeur de recherche et un projet de recherche. Avec son directeur, un étudiant rédige son plan de formation (SCA702) et planifie notamment ses 2 cours à option de la session S6 et ses 2 cours à option de la session S8 en fonction de son projet de maîtrise. Au terme de la session S8, dans un scénario idéal, l'étudiant n'a plus de cours à suivre et peut travailler exclusivement à son projet de recherche et son mémoire. Cette description est idéalisée pour fin de présentation, mais en réalité certaines contraintes académiques doivent être vérifiées pour valider le cheminement.

À titre d'exemple, prenons le cas d'un étudiant Z. À la session S5 de son baccalauréat, l'étudiant Z s'est montré intéressé à se spécialiser en acoustique en suivant le cheminement intégré. Un professeur du GAUS lui propose un projet de recherche portant sur le développement d'un écran antibruit modulaire pour les chantiers de construction du Ministère des transports du Québec. L'étudiant s'inscrit alors dans ce cheminement et à la session S6, il s'inscrit aux cours d'acoustiques GMC720 et GMC721, voir section 3. Dans ce cheminement intégré, le stage T5 est remplacé par une session d'étude, où l'étudiant suit les principales activités pédagogiques obligatoires et le cours d'acoustique GMC722. À la session S8, il termine les requis pour son baccalauréat et s'inscrit à deux cours à option offerts à la maîtrise en génie mécanique. Au terme de S8, toutes les activités de type cours ont été suivies. L'étudiant travaille alors à temps plein sur son projet de maîtrise. Au terme du cheminement et à la réussite des activités pédagogiques, l'étudiant obtient le double grade B.Ing. et M.Sc.A.. Bien attendu, s'il interrompait son cheminement, mais que les requis du baccalauréat étaient obtenus, seul le grade B.Ing. lui serait délivré.

2.3. Doctorat en génie mécanique (Ph.D.)

De façon générale, le doctorat en génie mécanique⁵ permet à un étudiant de devenir un professionnel de haut niveau pour l'identification et l'implantation de solutions et de méthodes innovatrices adaptées à des problématiques complexes en ingénierie ou en recherche et développement technologiques. C'est aussi le cheminement à suivre pour devenir un professeur-chercheur d'université.

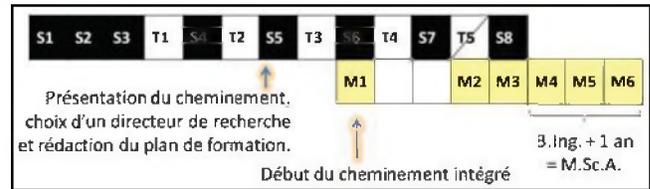


Figure 4. Cheminement intégré baccalauréat-maîtrise en génie mécanique de l'Université de Sherbrooke.

À la Faculté de génie de l'Université de Sherbrooke, seul le cheminement doctoral de type recherche existe. L'étudiant ayant l'équivalent d'une maîtrise en génie mécanique peut s'inscrire à ce programme. S'il désire développer de nouvelles connaissances dans le domaine de l'acoustique, il choisira alors un projet de recherche doctorale offert par un des professeurs du GAUS. Les caractéristiques typiques du programme de doctorat en génie mécanique spécialisé en acoustique sont présentées au Tableau 4. Comme il est indiqué dans ce tableau, un étudiant au doctorat suit généralement un cours spécialisé en acoustique ou vibrations offert à la maîtrise en génie mécanique, voir section 3.

Il est à noter qu'un étudiant inscrit à la maîtrise en génie mécanique de l'Université de Sherbrooke, et qui a complété ses 15 crédits de cours, peut faire un passage accéléré au doctorat. Dans le contexte du cheminement intégré baccalauréat-maîtrise, un cheminement possible, mais non-officiel, équivalent à un cheminement intégré baccalauréat-doctorat, peut mener directement au double grade B.Ing et Ph.D.. Ce cheminement doctoral (D) est présenté de façon informelle à la Figure 5.

Tableau 4. Caractéristiques du doctorat en génie mécanique⁵ à l'Université de Sherbrooke – cheminement de type recherche en acoustique encadré par un professeur affilié au GAUS.

Doctorat de 90 crédits avec thèse
Mène au grade de Ph.D.
Le GAUS assure un financement (bourse ou salaire) à l'étudiant
Projet de recherche en acoustique proposé et encadré par un professeur affilié au GAUS
Activités pédagogiques obligatoires (84 crédits) SCA715 – Sécurité dans les laboratoires de recherche (0 cr.) SCA770 – Plan de formation aux études de doctorat (1 cr.) SCA772 – Définition du projet de recherche au doctorat (6 cr.) SCA775 – Examen de synthèse (9 cr.) SCA777 – Séminaire et communication (2 cr.) SCA778 – Activités de recherche au doctorat I (9 cr.) SCA779 – Activités de recherche au doctorat II (9 cr.) SCA790 – Thèse de doctorat et soutenance (48 cr.)
Activités pédagogiques en <u>acoustique</u> (3 crédits) Voir section 3
Activités pédagogiques à option (3 crédits) EFD 901 - Construire un projet de recherche, Réflexives® (3 cr.) SCA 701 - Méthodologie de recherche et communication (3 cr.)

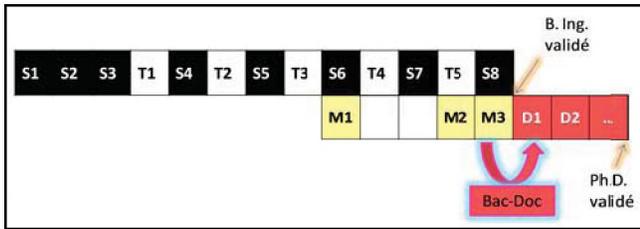


Figure 5. Cheminement intégré baccalauréat-doctorat en génie mécanique. Noter que ce cheminement n'a pas un statut officiel et est donné de façon purement informelle.

3. COURS DE 2^E CYCLE EN ACOUSTIQUE

Le Tableau 5 présente les 5 principaux cours spécialisés en acoustique et vibrations du programme de maîtrise en génie mécanique de l'Université de Sherbrooke (premier bloc). Le second bloc présente 3 cours thématiques en lien avec l'acoustique et les vibrations. Le dernier cours (troisième bloc), dispensé généralement par un professeur régulier ou un professeur invité, est occasionnellement utilisé pour offrir un cours d'acoustique ou de vibrations à l'extérieur des 8 cours précédents. Ci-dessous, une description des cours du premier bloc est présentée. Pour plus de détails sur les autres cours, voir le lien Internet de la maîtrise en génie mécanique⁴.

3.1. Acoustique fondamentale (GMC720)

Le cours d'acoustique fondamentale est en général le premier cours inscrit dans le plan de formation de l'étudiant. Ce cours vise à maîtriser les principales lois et les principaux phénomènes régissant la génération et la propagation des ondes acoustiques. On y enseigne les éléments suivants : les principaux paramètres acoustiques, les mouvements harmoniques, l'équation d'onde, la réflexion, la propagation, la transmission en milieu hétérogène, la diffraction, la méthode des sources images, la méthode des matrices de transferts, la modélisation des milieux poreux, les volumes ouverts et fermés.

De plus, deux laboratoires complètent le cours. D'abord, un laboratoire expérimental (2 séances) dans lequel les étudiants apprennent à faire des mesures acoustiques, à lire et à utiliser une norme (ex. : mesure en tube d'impédance). Ils doivent aussi lire un article afin d'écrire un script MATLAB⁶ pour faire le post-traitement des résultats et prédire les résultats à partir de la théorie. Ensuite, il y a un laboratoire numérique (2 séances) qui introduit l'application de la méthode des éléments finis en volumes fermés et semi-infinis. On y apprend les approches modales et fréquentielles. Dans ce laboratoire, les étudiants doivent concevoir et résoudre les modèles d'éléments finis à l'aide du logiciel COMSOL⁷ et, plus important encore, valider leurs modèles à partir des méthodes analytiques vues en classe selon une procédure d'analyse numérique générale. La Figure 6 présente un exemple de projet d'éléments finis en acoustique.

3.2. Rayonnement acoustique des structures (GMC721)

Ce cours vise à maîtriser les méthodes de calcul utilisées pour analyser les vibrations et le rayonnement acoustique de milieux continus simples. On y enseigne les éléments suivants : formulation variationnelle des vibrations des milieux continus, fonctionnelle de Hamilton, vibrations des poutres droites, vibrations des plaques minces, vibrations des coques minces, méthode de Ritz, rayonnement et transmission acoustique des structures, rayonnement et transmission acoustique de plaques infinies, méthodes intégrales en acoustique, rayonnement acoustique de plaques finies (analyse modale) et moyens de réduction du bruit.

De plus, un projet complète le cours. Le projet qui s'étale sur plusieurs semaines permet aux étudiants d'intégrer les différentes notions vues en classe. Un projet typique est le développement d'un encoffrement acoustique. Les étudiants doivent mettre le problème en équations, faire les calculs nécessaires pour guider la conception, concevoir et fabriquer l'encoffrement et mesurer son efficacité acoustique en laboratoire. La Figure 7 présente un résultat typique de ce type de projet.

Tableau 5. Les cours spécialisés en acoustique et vibrations au Département de génie mécanique de l'Université de Sherbrooke⁴.

GMC720	Acoustique fondamentale (3 cr.)
GMC721	Rayonnement acoustique des structures (3 cr.)
GMC722	Méthodes numériques en interaction fluide-structure (3 cr.)
GMC723	Contrôle actif de bruit et vibrations (3 cr.)
GMC729	Aéroacoustique (3 cr.)
GMC724	Surveillance des structures aéronautiques (3 cr.)
GMC712	Traitement et analyse fréq. des données expérimentales (3 cr.)
GMC746	Structures aérospatiales : étude expérimentale (3 cr.)
GMC705	Étude spécialisée III (3 cr.)

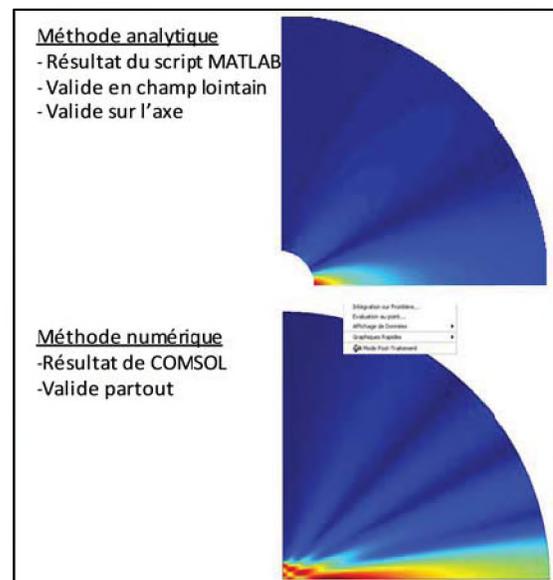


Figure 6. Projet d'éléments finis acoustiques dans le cadre du cours d'acoustique fondamentale (GMC720).

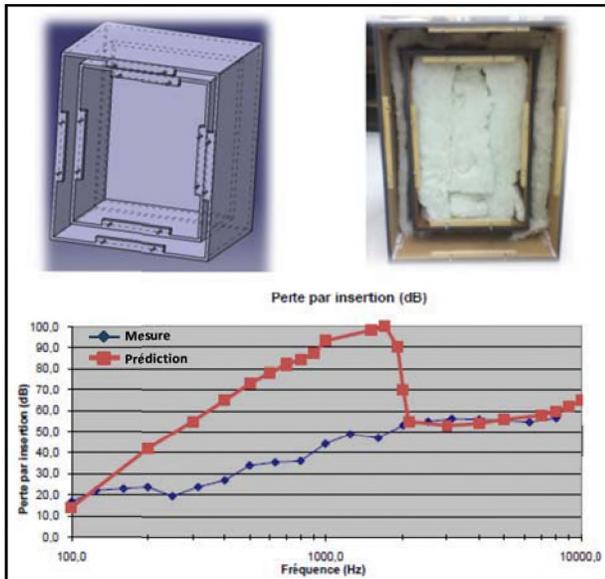


Figure 7. Projet de conception acoustique dans le cadre du cours de rayonnement acoustique des structures (GMC721).

3.3. Méthodes numériques en interaction fluide-structure (GMC722)

Ce cours vise à maîtriser les différentes méthodes permettant d'analyser numériquement les problèmes de couplage double intégrant les concepts de mécanique des fluides, d'élasticité et d'acoustique. Son contenu couvre: les problèmes couplés, les équations communes en aéro-élasto-acoustique, l'intégration des lois de conservation, de comportement et des conditions limites, la résolution par la méthode des éléments finis (applications à l'acoustique, à l'élasticité et aux écoulements incompressibles), les méthodes des équations intégrales (problèmes intérieur et extérieur), la méthode de l'analyse statistique énergétique (SEA).

Un projet d'intégration s'étalant sur plusieurs semaines complète le cours. En général, le projet porte sur une modélisation numérique (FEM, BEM ou SEA) en lien avec le projet de recherche de l'étudiant. Les résultats obtenus par l'approche numérique doivent, comme pour le cours d'acoustique fondamentale (laboratoire sous COMSOL), être validés selon la même procédure d'analyse numérique. Cette procédure est illustrée à la Figure 8.

3.4. Contrôle actif de bruit et vibrations (GMC723)

Ce cours vise à maîtriser l'ensemble des notions théoriques pertinentes au contrôle actif de bruit et vibrations. Développer un filtrage numérique adaptatif, une commande par anticipation ou rétroaction. Mettre en œuvre des applications de contrôle actif en acoustique et en vibrations. On y enseigne la théorie de la superposition de champs, le filtrage numérique adaptatif, la théorie du contrôle actif par anticipation, la théorie du contrôle actif par rétroaction et les différents transducteurs acoustiques et vibratoires.

3.5. Aéroacoustique (GMC729)

Ce cours vise à comprendre les principes généraux de l'aéroacoustique et les appliquer aux écoulements libres (jets), aux écoulements en paroi (profils, ailes), en conduits et aux turbomachines. Dans ce cours, on y voit la dérivation de l'équation d'ondes en champ libre pour différentes sources, la dérivation de l'équation de Lighthill et le principe des analogies acoustiques, l'application de l'analogie de Lighthill aux écoulements libres (bruit de couche de cisaillement et de jet), la généralisation en présence de parois fixes par l'analogie de Curle, la généralisation aux parois mobiles et notion de bruit de turbomachines, le bruit de combustion et les notions de propagation dans un turboréacteur.

4. CONCLUSION ET DISCUSSION

Cet article a présenté les différents cheminements de 1^{er}, 2^e et 3^e cycles en génie mécanique de l'Université de Sherbrooke qui permettent à un étudiant de se spécialiser en acoustique et vibrations. Il faut noter que tous ces cheminements ont des exigences minimales d'admission. Au 1^{er} cycle, le baccalauréat en génie mécanique a une capacité d'accueil de 120 étudiants et exige une cote de rendement au collégial (CRC, Québec) d'au moins 25.5 (automne 2011), ou l'équivalent pour les étudiants des autres provinces canadiennes ou internationaux. De plus, pour s'inscrire au cheminement intégré baccalauréat-maîtrise, de même qu'à la maîtrise en génie mécanique, une moyenne cumulative d'au moins 2.7 sur 4.3 (ou l'équivalent) sur au moins 105 crédits doit être obtenue.

Concernant la langue d'étude, toutes les activités pédagogiques de type cours sont données exclusivement en français. Par contre, un étudiant de langue maternelle autre que le français peut obtenir une dérogation pour rédiger son mémoire de maîtrise, son essai de maîtrise ou sa thèse de doctorat en anglais. De plus, la rédaction d'un mémoire par article(s), d'une thèse par articles ou de format combiné est possible.

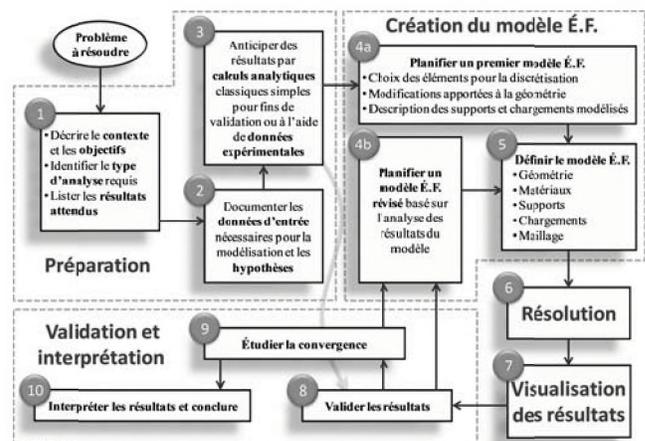


Figure 8. Procédure d'analyse numérique utilisée pour valider les modèles et résultats numériques des cours GMC720 et GMC722.

En perspective, les professeurs affiliés au GAUS sont présentement en réflexion concernant la création d'un microprogramme de 2^e cycle en acoustique qui compléterait les cheminements actuels. Ce microprogramme serait accessible autant aux étudiants des cheminements de 1^{er} et de 2^e cycles en génie qu'aux ingénieurs dans un contexte de formation continue.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier tous les membres du Groupe d'acoustique de l'Université de Sherbrooke (GAUS), le Département de génie mécanique ainsi que la Faculté de génie pour leurs commentaires et recommandations.

RÉFÉRENCES ET LIENS INTERNET

1. Groupe d'acoustique de l'Université de Sherbrooke (GAUS): www.gaus.ca/
2. A. Berry, *Vibroacoustics of large-scale, complex,*

multi-material structures in aerospace and terrestrial transport, projet no. 19969, concours 2008-2009 de l'FCI, Fonds des initiatives nouvelles.

3. Programme de baccalauréat en génie mécanique, Dép. de génie mécanique de l'Univ. de Sherbrooke : www.usherbrooke.ca/programmes/fac/genie/1er-cycle/bac/genie-mecanique/
4. Programme de maîtrise en génie mécanique, Dép. de génie mécanique, Univ. de Sherbrooke : www.usherbrooke.ca/programmes/fac/genie/2e-cycle/maitrises/genie-mecanique/
5. Programme de doctorat en génie mécanique, Dép. de génie mécanique, Univ. de Sherbrooke : www.usherbrooke.ca/gmecanique/prog-etudes/doc/
6. Site Internet du logiciel MATLAB : www.mathworks.com/
7. Site Internet du logiciel COMSOL Multiphysics : www.comsol.com/

High Quality CALIBRATION is a MUST When Accuracy is Critical!

Scantek provides:

- Quick calibration of ALL BRANDS of sound and vibration instruments and transducers:
 - ▶ Microphones
 - ▶ Preamplifiers
 - ▶ Sound level and vibration meters
 - ▶ Acoustical calibrators
 - ▶ Accelerometers & exciters
 - ▶ Windscreen characterization
- ISO 17025 accredited by NVLAP (NIST)
- Price Competitive
- Before & After data provided at no additional cost
- 48-hr turnaround accommodated

26.026
2.024

Scantek, Inc.

Sound & Vibration Instrumentation and Engineering

www.scantekinc.com
CallLab@ScantekInc.com

800-224-3813

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



Dynamic Products from Industry Leaders

p. 519-853-4495

w. svscanada.ca

e. andy@svscanada.ca



The most complete Sound Level Meter on the market today! ➔

Specialists in Acoustic Measurement Instrumentation

Integrated Solutions from World Leaders

- Precision Measurement Microphones
- Intensity Probes
- Outdoor Microphones
- Sound Level Meters Type 1
- Ear Simulation Devices
- Speech Simulation Devices
- Calibrators
- Array Microphones
- Sound Quality
- Sound Intensity
- Sound Power
- Room Acoustics
- Noise Monitoring
- Dynamic Signal Analyzers
- Electro Dynamic Shaker Systems
- Doppler Laser Optical Transducers
- Laser Vibrometers
- Multi-Channel Dynamic Analyzer/Recorder



Soundbook™
Designed for You:

- 2-4-8 Channel ✓
- IEC conform ✓
- PYB Approved ✓
- User friendly ✓
- General purpose ✓
- Tough (MIL) ✓
- Reliable ✓

