

LAUM
Laboratoire
d'Acoustique de
l'Université du Mans

Jeudi 19/11

9h55-10h31

L'objectif du travail est de proposer de nouveaux métamatériaux pour l'isolation vibro-acoustique dans le domaine audible en utilisant des concepts innovants pour répondre aux problématiques industrielles d'allègement des structures et de limitation de l'encombrement, notamment pour les basses fréquences dont le traitement représente un enjeu industriel contemporain.

Le métamatériau initial est constitué d'une couche poroélastique comportant des tubes cylindriques rigides recouverte d'un film étanche. Ce matériau est appliqué sur une plaque dont l'isolation acoustique doit être améliorée. Les mesures montrent l'efficacité de ce matériau, expliquée d'une part par un découplage vibratoire entre le film étanche et la plaque à isoler via le poroélastique et d'autre part par des effets d'interférences destructives liées à la diffraction par l'arrangement des tubes des ondes dans le poroélastique.

L'isolation mesurée met en évidence le comportement sub-longueur d'onde du métamatériau. En effet, l'ajout de 3 cm de matériau permet une amélioration significative du Transmission Loss (TL) dès 300 Hz ($\lambda/38$ par rapport à l'air). Des modèles simplifiés analytique et numérique (éléments finis) sont construits pour visualiser et maîtriser les phénomènes physiques impliqués. Aujourd'hui, la modélisation concerne des systèmes d'extension infinie sous incidence en ondes planes et permet d'obtenir une approximation en champ diffus. Par ailleurs, la question de la modélisation de la couche poroélastique apparaît critique du fait de son rôle présumé dans l'amortissement des ondes en son sein.

Les phénomènes observés seront exploités pour modifier la couche poroélastique, optimiser la géométrie et utiliser des phénomènes de résonances locales des inclusions pour obtenir une isolation efficace sur une large gamme de fréquence audibles, spécialement pour les basses fréquences. Il s'agit donc du développement d'une « (double) méta-paroi » qui soit en elle-même un métamatériau élastique présentant des propriétés inégalées. Les concepts développés permettront de décliner le métamatériau initial en des versions adaptées à différentes problématiques.

Auteurs et affiliations

Aberkane-Gauthier N. (1)(2), Lecoq D. (1), Lagarrigue C. (1), Pézerat C. (2) et Romero-García V. (2)

(1) Metacoustic, 57 boulevard Demorieux, 72 000 Le Mans.

(2) Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, LAUM - UMR CNRS 6613, Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, 72 085 LE MANS CEDEX 9, France.

Developpement d'un traitement électro-acoustique pour des applications aéronautiques

Thibault Abily*^{1,2}

¹Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM) – CNRS : UMR6613, Le Mans Université – France

²Safran Aircraft Engines – SAFRAN (FRANCE) – France

Résumé

Selon les directives ACARE de 2050, les traitements acoustiques des réacteurs d'avion devront répondre à des spécifications contradictoires : garantir une efficacité aux basses fréquences tout en réduisant la zone de traitement à appliquer et l'épaisseur. Le sujet de cette thèse porte ainsi sur l'étude de concepts pour de nouveaux traitements acoustiques, basés sur l'utilisation de transducteurs électro-acoustiques. L'utilisation de transducteurs permet de coupler plusieurs domaines de la physique ensemble comme l'acoustique, la mécanique et l'électronique.

Des travaux précédents ont montré que ce genre de procédé pouvait amener à une grande efficacité en terme d'absorption acoustique avec et sans écoulement d'air pour une épaisseur de traitement moindre. Le travail présenté ici a pour but d'aider à comprendre les phénomènes clés mis en jeu dans un but d'absorption acoustique en environnement aéronautique : fort niveau sonore et avec écoulement fluide.

L'étude et la compréhension des mécanismes liés à ce milieu pourront permettre le développement et l'amélioration du traitement au niveau de la zone fréquentielle, la largeur de bande et l'efficacité.

En terme de méthodologie adoptée, trois types de transductions (électrodynamique, électrostatique et piézoélectrique) ont été comparés grâce à une modélisation à constantes localisées (Lumped Element Method) avec et sans circuit de shunt électrique.

D'un autre côté l'étude de la partie mécano-acoustique est réalisée selon un formalisme en matrice de transfert (Transfer Matrix Method) afin de comprendre les phénomènes de pertes visco-thermiques et de non-linéarité pouvant arriver lorsque l'on travaille dans de telles conditions environnantes et avec des structures assez fines.

*Intervenant

Amortissement d'une structure assemblée intégrant un méta-panneau (ABH-PC)

Alex Julien^{*1}, Adrien Pelat¹, François Gautier¹, Florent Masson, and Kevin Cormier

¹Laboratoire d'acoustique de l'université du Mans – Le Mans Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6613 – France

Résumé

Le laboratoire FullFields, porté par le LAUM et le groupe ACOEM, vise le développement de technologies de conception et de caractérisation de structures industrielles silencieuses. L'un de ses axes de travail concerne l'intégration dans des structures assemblées d'éléments architecturés dont les propriétés vibro-acoustiques sont contrôlées.

L'enjeu de l'étude présentée dans cette communication est d'évaluer quelles sont les performances d'atténuation vibratoire lorsque l'élément architecturé est un panneau mince dont les modulations périodiques d'épaisseurs permettent de combiner un effet dissipatif de type trou noir acoustique en haute fréquence et un effet réactif de bande interdite de Bragg en basse fréquence. Pris isolément, un tel panneau dit ABH-PC (Acoustic Black Hole - Phononic Crystals) se comporte comme un filtre vibratoire omnidirectionnel large bande. Vu d'une structure qui lui est connectée en un point, elle se comporte comme un amortisseur à réaction localisée.

Pour tirer au mieux parti de ces propriétés, des règles de dimensionnement sont établies à l'aide d'une étude par éléments finis dans le cas où le panneau ABH-PC est couplé en un point à une poutre bi-appuyée. Ces règles portent notamment sur les mobilités d'entrées des sous-structures dans le but de maximiser l'amortissement modal des modes de l'assemblage. L'étude est ensuite étendue au cas de couplages multi-ponctuels et conclue à un effet cumulatif des mécanismes de dissipation. Dans les différentes configurations étudiées où les mobilités d'entrée sont bien adaptées, les résultats montrent qu'en régime forcé, la réponse de la sous-structure non architecturée de l'assemblage peut être fortement atténuée pour plusieurs polarisations du champ vibratoire par rapport à une situation de référence de même masse totale.

À partir de ces résultats, une démonstration expérimentale est en cours. D'autres perspectives concernent l'étude du rayonnement acoustique de ce type de structures assemblées et l'application des méthodologies à des structures plus complexes de nature industrielle.

*Intervenant

Identification d'excitations aéroacoustiques par problème inverse vibratoire dans le domaine temporel

Erwan Le Roux*¹

¹Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM) – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6613, Le Mans Université – Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, LAUM - UMR 6613 CNRS, Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, 72085 LE MANS, France

Résumé

Une structure soumise à un écoulement à grande vitesse est susceptible de vibrer sous l'effet de la pression exercée par les turbulences présentes au niveau de la couche limite. Cette pression peut être séparées en deux contributions, convective et acoustique, la seconde étant significativement moins énergétique que la première. La connaissance de la partie acoustique d'une excitation par couche limite turbulente, difficilement accessible par la mesure, reste néanmoins un enjeu important dans le domaine de l'acoustique des transports. Son identification est réalisable indirectement, par l'emploi d'une méthode inverse vibratoire, telle que la méthode de Résolution Inverse Filtrée Fenêtrée (RIFF), ou son alternative, la méthode de Résolution Inverse Corrigée (RIC). Ces méthodes ont en effet été éprouvées pour l'identification de ce type d'excitation dans le domaine fréquentiel. Afin d'identifier le profil temporel de la partie acoustique d'une excitation par couche limite turbulente, une réécriture de la méthode RIC est proposée. L'approche envisagée se base sur la création de filtres prenant en compte les aspects de la méthode RIC, et sur leur traduction dans le domaine temporel. La méthode proposée est alors validée par le biais d'une campagne de mesure mettant en jeu des excitations simples et reproductibles.

Mots-Clés: RIFF, RIC, Couche limite turbulente, Méthode inverse, méthode vibratoire, aéroacoustique, vibroacoustique

*Intervenant

Traitement automatique de la parole en réunion par dissémination de capteurs

Théo Mariotte*¹

¹Laboratoire d'acoustique de l'université du Mans – Le Mans Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6613 – France

Résumé

Au cours d'une réunion, un certain nombre de personnes sont actives, dans un environnement clos et souvent en présence de bruit. Dans ce contexte, des tâches de traitement de la parole telles que la reconnaissance de la parole ("Qui a dit cela ?"), la diarisation de locuteurs ("Qui parle quand?"), ou séparation de source ("Qui parle en même temps que qui ?") sont rendues difficiles. De nombreuses approches se basant sur des enregistrements à l'aide d'un unique microphone ont été développées au cours des dernières décennies. Leurs performances se sont largement améliorées avec l'avènement des réseaux de neurones profonds et de l'apprentissage automatique.

Cependant, le caractère mono-canal de la prise de son limite l'information spatiale. L'utilisation d'antennes de microphones, un réseau de transducteurs organisé selon une certaine géométrie, permet en partie de résoudre ce problème. Des techniques telles que la formation de voie permettent, par exemple, de se focaliser sur le locuteur actif, réduisant ainsi la présence de réverbération et de bruit sur le signal traité. D'autres approches, telles que la Puissance Dirigée (Steered-Response Power) donnent accès à une cartographie de l'énergie acoustique dans un plan ou un volume au cours du temps.

La recherche a donc pour objectif d'utiliser les informations spatiales disponibles à l'aide d'une prise de son multi-canal pour aider le réseau de neurones dans les tâches de traitement de la parole. Une première approche consiste à améliorer l'estimation de la position du locuteur au cours du temps pour une formation de voie plus robuste. La fusion des informations spatiale et temporelle pourrait également permettre une réduction des erreurs dans les différentes tâches. Enfin, un traitement séparé de chaque canal par le réseau de neurones sera investigué, celles-ci contenant intrinsèquement les informations spatiales.

*Intervenant

Identification d'efforts temporels par vibrométrie holographique plein champ.

Erwan Meteyer^{*1}, Pascal Picart², and Charles Pezerat²

¹Laboratoire d'acoustique de l'université du Mans – Le Mans Université, CNRS : UMR6613 – France

²Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans – CNRS : UMR6613, Université du Maine – France

Résumé

L'avènement de nouvelles technologies amène à élargir le champ d'étude possible dans le domaine vibroacoustique. La voiture électrique est un exemple parlant : en supprimant le moteur thermique le bruit associé à celui-ci n'existe plus et de nouvelles perturbations se font ressentir (bruit d'écoulement, roulement etc...). Afin de permettre la création de traitement et de solutions à ces nuisances, ces excitations instationnaires et non-répétables nécessitent d'être caractérisées. Cependant les phénomènes résultant de ces excitations ne peuvent pas être mesurées de manière synchrones et non-intrusive avec des moyens expérimentaux classiques. Ce sujet propose de coupler une technique de mesure vibratoire plein champ, à haute résolution spatiale, sans contact et non intrusive appelée holographie numérique ultra-rapide à l'identification d'efforts pour différents régimes d'excitations de structure mécaniques. L'identification d'efforts est basée sur la méthode de résolution inverse (RI) où le champ de déplacement de la vibrométrie holographique numérique ultra-rapide est utilisé comme entrée dans l'équation de mouvement de la structure. Grâce aux mesures plein champ de l'holographie numérique, l'analyse de vibrations stationnaires et transitoires est effectuée à la fois dans le domaine spatial et dans le domaine temporel. Le maillage dense des points de données est utilisé pour résoudre le problème inverse de l'identification des forces, qui est régularisé selon une approche bayésienne permettant une régularisation optimale et automatique de la méthode. Des résultats expérimentaux pour des tests en régimes stationnaires et transitoires sont obtenus. Dans le cas d'une excitation en régime stationnaire, les résultats sont comparés à ceux obtenus avec un vibromètre à balayage et présentent une assez bonne concordance entre les profils de force observés ainsi que sur l'amplitude, validant ainsi l'approche proposée. En régime transitoire, les profils de force récupérés sont comparés aux mesures effectuées à l'aide d'un capteur de force montrant un bon accord entre les résultats obtenus.

*Intervenant

Conception de filtre vibratoire multi-ondes : Structuration périodique de guide d'onde issus de contexte industriel

Jules Plisson*^{1,2}

¹Laboratoire d'acoustique de l'université du Maine – CNRS : UMR6613, Université du Maine – France

²Vitesco Technologies France [Toulouse] – Vitesco Technologies France [Toulouse] – France

Résumé

Dans de nombreux contextes industriels, il est courant d'analyser une problématique de vibro-acoustique comme la combinaison d'une source de vibrations, d'un élément jouant le rôle de transmetteur vers un élément rayonnant. Dans ce type de chaîne, il est souvent très difficile de réduire les nuisances vibro-acoustiques en traitant directement la source ou l'élément rayonnant dont les conceptions sont fortement contraintes par leurs fonctions technologiques premières. L'élément de transmission, consistant dans ce travail de thèse en une structure élancée de type guide d'onde est alors le seul maillon qu'il est possible de traiter. Ce travail de thèse s'attache à structurer ce guide d'onde afin qu'il agisse comme un filtre vibratoire total capable d'atténuer dans une gamme de fréquence ciblée à la fois les vibrations de flexion, de torsion et longitudinale. La conception de tels filtres repose sur l'utilisation du concept de bande interdite absolue consistant en la superposition sur une gamme de fréquences des bandes interdites associées types d'ondes considérées. Dans le travail présenté ici, cette bande absolue est obtenue au moyen d'un tuyau périodique bi-matériau. Pour chaque type d'onde, les relations de dispersion de ce cristal phononique sont calculées au moyen d'un modèle analytique 1D utilisant la méthode de Floquet. Après validation par comparaison avec des simulations numériques 3D par la méthode des éléments finis, une procédure d'optimisation numérique est mise en place pour accorder la largeur de bande et la fréquence centrale de bande absolue sur une cible imposée par un contexte applicatif. Un démonstrateur de taille finie est étudié numériquement et expérimentalement. Les différentes conditions d'excitation permettent de mettre en évidence les effets de filtrage partiel ou total liés à la structure de bande contrôlée par l'architecture du tuyau. La pertinence du filtre vibratoire est illustrée au moyen d'une simulation du rayonnement d'une chaîne de transmission vibratoire complète.

*Intervenant

Etude de Trous Noirs Acoustiques augmentés par pilotage thermique

Guillaume Raybaud^{*1}, Adrien Pelat², Morvan Ouisse³, and François Gautier²

¹Laboratoire d'acoustique de l'université du Mans – Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans
LAUM – UMR CNRS 6613 – France

²Laboratoire d'acoustique de l'université du Maine (LAUM) – CNRS : UMR6613, Université du Maine
– Bât. IAM - UFR Sciences Avenue Olivier Messiaen 72085 LE MANS CEDEX 9, France

³UBFC/FEMTO-ST Univ. Bourgogne Franche-Comté, Institut FEMTO-ST
CNRS/UFC/ENSMM/UTBM, Département Mécanique Appliquée (FEMTO-ST) – UBFC,
FEMTO-ST – France

Résumé

Les Trous Noirs Acoustiques (TNA) sont des pièges à ondes de flexion qui consistent localement en une réduction de l'épaisseur et à un ajout de film viscoélastique. Le gradient d'amortissement et de raideur ainsi réalisé permet le piégeage et la dissipation des ondes. L'objectif de ma thèse est de proposer une amélioration du contrôle de ces TNA en substituant le film viscoélastique classique par une couche de polymère à mémoire de forme (PMF) piloter en température. Les propriétés d'amortissement et de raideur de ce matériau dépendent fortement de la température. Grâce à ce matériau il est possible d'ajouter au caractère hétérogène du TNA un gradient de propriété induit par le PMF soumis à différents profils de température. On ajoute ainsi des degrés de liberté. De cette manière il est possible de contrôler finement les performances des TNA, notamment en basses fréquences. Ces performances sont quantitativement évaluées par le biais du coefficient de réflexion R du système étudié. Les possibilités de contrôle de ces TNA augmentés sont étudiées numériquement et expérimentalement par une exploration du coefficient de réflexion en fonction de gradients de température.

*Intervenant

LMA

Laboratoire de
Mécanique et
d'Acoustique

Jeudi 19/11

10h45-10h53

Estimation de la variation du coefficient d'amortissement en fonction de l'amplitude d'excitation.

Islem Bouzid^{*1,2}, Pierre-Olivier Mattei³, and Renaud Cote³

¹Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique [Marseille] (LMA) – Aix Marseille Université : UMR7031, Ecole Centrale de Marseille : UMR7031, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7031 – 4 impasse Nikola Tesla CS 4000613453 Marseille Cedex 13, France

²Laboratoire de recherche de Mécanique, Modélisation et Production (LA2MP) – Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Sfax 3038, Tunisie, Tunisie

³Laboratoire de Mécanique et d'acoustique [Marseille] – PRES Aix Marseille Université : UMR7031 – France

Résumé

Afin d'obtenir le phénomène de pompage énergétique dans le domaine acoustique, Romain Bellet a proposé dans sa thèse un absorbeur non linéaire vibro-acoustique (NES) constitué par une fine membrane circulaire viscoélastique couplé à un système acoustique résonant simple (un tube ouvert à ces deux extrémités au voisinage de son premier mode longitudinal) par l'intermédiaire d'une boîte de couplage et excité par un champ acoustique fourni par un haut-parleur. Le modèle retenu pour la membrane a fait apparaître non seulement une non-linéarité cubique de raideur mais aussi un amortissement de type visqueux à non-linéarité cubique. Nos résultats ont montré que, pour une valeur donnée de ce coefficient d'amortissement, identifiée à partir de mesures en régime linéaire, notre modèle permettait de reproduire le comportement des expériences mais uniquement à bas niveau d'excitation. Le but de ce travail est de présenter une méthode qui permette d'obtenir une valeur du coefficient d'amortissement sur toute la gamme de fonctionnement de l'absorbeur et donc en régime fortement non-linéaire. En couplant l'utilisation de la méthode de balance harmonique à des essais dans lesquels on réalise un balayage en amplitude et en fréquence, on a développé une méthode qui permet l'identification non linéaire du coefficient d'amortissement du NES en fonction de l'amplitude d'excitation. Nos résultats montrent une variation du coefficient d'amortissement qui augmente fortement lorsque le déplacement de la membrane devient non-linéaire avec un maximum lors du mouvement fortement modulé, qui est caractéristique du pompage énergétique, ainsi qu'un plateau quasi uniforme quand la membrane sature à très forte amplitude.

*Intervenant

LISPEN
Laboratoire
d'Ingénierie des
Systèmes Physiques et
Numériques

Jeudi 19/11

11h20-11h44

Vibration des engrenages dans les transmission des voitures électriques

Eddy Abboud*¹, Olivier Thomas², and Aurélien Grolet³

¹ABBOUD (Doctorant) – Ecole Nationale Supérieure des Arts et Metiers – France

²THOMAS (Pr.) – Ecole Nationale Supérieure des Arts et Metiers – France

³GROLET (MDC) – Ecole Nationale Supérieure des Arts et Metiers – France

Résumé

Les architectures actuelles des motorisations hybrides ou électriques des véhicules automobiles incluent des transmissions par engrenages en sortie du moteur électrique, pour adapter la vitesse de rotation à celle des roues du véhicule. Ces engrenages sont la source de vibrations qui se propagent par voie solidienne jusqu'au carter du système, qui se retrouve être la sources acoustique du bruit rayonné. Ces bruits affectent le confort de l'utilisateur, notamment car ils ne sont pas masqués par le bruit du moteur électrique, très différent de celui d'un moteur thermique classique. La maîtrise de ces bruits est ainsi un enjeu majeur pour les constructeurs automobile actuels. Les sources de vibration dans les transmissions de puissance par engrenages sont nombreuses. On peut citer par exemple l'acyclisme du couple de sortie du moteur qui entraîne des fluctuations de la vitesse de rotation ou encore des phénomènes de variation périodique de la raideur d'engrènement sous couple, qui produisent une excitation vibratoire dite paramétrique, qui produit un bruit caractéristique de sirènement (whining noise en anglais). Il existe aussi des phénomènes d'impacts liés aux jeux fonctionnels entre les dents, principalement observés à bas couple, qui sont également source de bruit, dit de cliquetis ou gaillonnement (rattling noise en anglais). Dans ce contexte, plusieurs industriels se penchent actuellement sur la modélisation des vibrations dans les chaînes de transmission par engrenages, dans le but de prédire l'apparition des différents bruits et éventuellement d'ajuster la conception du système en conséquence. Le but de cette thèse est de mettre en place des modèles numériques à même de représenter le comportement vibratoire des systèmes d'engrenage. Dans cette thèse, on considérera des systèmes d'engrenage de type réducteur et on s'intéressera aux points suivants : États de l'art des modèles de vibration dans les engrenages Analyse, modélisation et simulation de la dynamique des engrenages Réduction des vibrations et récupération d'énergie

Mots-Clés: Vibration, Engrenages, Bruit, Transmission

*Intervenant

Piezoelectric vibration control and energy harvesting of boat hydrofoils

Zein Alabidin Shami*¹

¹SHAMI (Doctorant) – Arts et Métiers ParisTech - École nationale supérieure d'arts et métiers – France

Résumé

This Thesis is part of the Smart Lifting Surfaces academic project of Arts et Métiers ParisTech engineering school in collaboration with Ecole Naval at Brest. The thesis goal is to improve hydrofoils performances. Hydrofoils are placed under the hull of marine boats which are able to lift them out of the water for some given speed range, in order to reduce the drag and thus reduce the energy demand. In normal operating conditions, the hydrofoils are exposed to high vibratory levels due to the hydrodynamic flow. The objective of the thesis is to develop vibration control and energy harvesting strategies based on semi active and active approaches and using piezoelectric sensors and actuators.

The control and energy harvesting strategies proposed in this research all involve the use of electronic shunts circuits connected to piezoelectric patches embedded in the foil structure. Two complementary strategies will be developed and tested in this thesis :

- resistive/resonant adaptive shunt which working frequency can be tuned on the modification of the resonant frequency of the host structure, mostly because of the hydrodynamic flow.
- nonlinear shunts, based on a nonlinear coupling between mechanical and electrical modes and internal resonance (the later being simulated by the electronic), in order to transfer the vibration energy.

Mots-Clés: Piezoelectric shunts, Hydrofoils, internal resonance, energy harvesting

*Intervenant

Conception et Optimisation d'un nano drone à ailes vibrantes

Mathieu Colin^{*1}, Olivier Thomas¹, Sébastien Grondel², and Eric Cattan²

¹Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques (LISPEN) – Arts et Métiers Sciences et Technologies – F-59000 Lille, France

²Univ. Polytechnique Hauts-de-France, IEMN - Institut d'Électronique de Microélectronique et de Nanotechnologie, DOAE - Département d'Opto-Acousto-Électronique – CNRS : UMR8520 – France

Résumé

Dans ce travail, on s'intéresse au développement d'un nano drone (envergure $\approx 1\text{cm}$), et en particulier à la conception d'ailes vibrantes entièrement flexibles, donc sans articulations. Plusieurs prototypes ont déjà été conçus, fabriqués et testés, et les derniers ont démontré une génération de portance de l'ordre de 110% du poids du prototype. L'objectif de la thèse est l'augmentation de l'amplitude de vibration des ailes en vue du décollage.

Afin de concevoir les drones, un modèle de la structure du drone avait été mis en place. Ce modèle linéaire utilisant la cinématique d'Euler-Bernoulli pour un treillis de poutres permet le calcul des modes de la structure correspondant à la géométrie définie en entrée de code. Ce code permet en outre le calcul de fonctions de réponse en fréquence pour un forçage et des coefficients d'amortissement modal donnés. Du fait de l'importance de l'amortissement dans l'amplitude de vibration d'une structure, une étude de l'action de l'air sous la forme d'un amortissement sur la structure des nano drones a été menée. Ceci permet de concevoir les prochaines structures pour obtenir de très grandes amplitudes de vibrations. Ensuite le modèle linéaire a été généralisé pour de nouvelles géométries ; ceci permet d'étendre les possibilités et fonctionnalités du code. Enfin, un modèle de force aérodynamique a été produit pour déterminer numériquement la portance qui serait générée par le mouvement des ailes à une fréquence d'excitation donnée, pour optimiser au mieux la géométrie des prototypes suivants.

Mots-Clés: Amortissement non, linéaire, Aérodynamique, Microfabrication

*Intervenant

Nonlinear dynamics of slender beams: frequency domain numerical strategies and reduced order modelling

Marielle Debeurre*¹

¹Arts et Métiers ParisTech – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) lille – France

Résumé

Slender one-dimensional structures such as beams and cables are capable of very large amplitude vibrations due to their high flexibility in bending. Several complex dynamical phenomena can be observed in such structures when subjected to large amplitude vibrations or rotations. The behaviors of these structures introduce complex geometrical nonlinearities in their modeling and require creative and comprehensive strategies to model efficiently. Currently, there is a lack of appropriate models to describe these behaviors, as available analytical models are typically restricted to moderate amplitude vibrations of the structures. The central aim of the thesis is therefore to develop efficient reduced-order numerical modeling schemes capable of reproducing the nonlinear dynamics of the slender structures under investigation. The models will then be validated experimentally through reproduction of the nonlinear dynamics using flexible beam specimens. This thesis is part of the THREAD European Training Network on mechanical, mathematical and numerical modeling of highly flexible slender structures. THREAD is funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation initiative under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement.

*Intervenant

Développement d'absorbeurs pendulaires centrifuges permettant la filtration de vibrations de torsion

Vincent Mahe*^{1,2}

¹Valeo Transmissions, Centre d'Étude des Produits Nouveaux – Valeo Transmission – Espace Industriel Nord, Route de Poulainville, 80009 Amiens Cedex 1, France

²Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques (LISPEN) – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers – Arts et Métiers - Campus d'Aix-en-Provence², cours des Arts et Métiers, 13617 AIX EN PROVENCE Tél.: +33 (0)4 42 93 81 41 Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et numériques (LISPEN EA7515) Arts et Métiers - Campus de Lille⁸ bd Louis XIV - 59046 Lille Cedex Tél.: +33 (0)4 42 93 81 41 Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et numériques (LISPEN EA7515) Arts et Métiers - Campus de Cluny (Institut Image de Chalon-sur-Saône)² rue Thomas Dumorey 71100 CHÂLONS-SUR-SAONE Tél.: +33 (0)3 85 90 98 60, France

Résumé

Les machines tournantes sont souvent sujettes à des couples fluctuants, entraînant des vibrations de torsion qui génèrent bruit et usure prématurée. Dans l'industrie automobile, les vibrations du système de transmission générées par le fonctionnement même du moteur thermique peuvent être réduites en utilisant des absorbeurs pendulaires centrifuges (APC). Ces absorbeurs passifs se composent de plusieurs masses réparties sur la circonférence d'un rotor et oscillant le long d'une trajectoire donnée. Dû aux fortes non-linéarités présentes dans ces systèmes, les APC présentent une dynamique très riche. L'objectif de cette thèse est de prédire les instabilités indésirables et d'exploiter celles pouvant améliorer les performances de filtration du système.

Mots-Clés: dynamique non, linéaire, localisation, sous, harmonique, vibrations de torsion

*Intervenant

IEMN

Institut d'Électronique,
de Microélectronique
et de Nanotechnologie

Jeudi 19/11

12h00-12h08

Transmission des données numériques par ondes guidées ultrasonores dans des plaques saines et défectueuses

Rudy Bahouth^{*1}, Farouk Benmeddour¹, Emmanuel Moulin¹, and Jamal Assaad¹

¹Université Polytechnique Hauts-de-France – Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN), UMR CNRS 8520, Valenciennes – France

Résumé

Les systèmes de communication sans fil sont principalement utilisés dans l'air ou dans le vide et ne sont pas adaptés aux milieux solides et liquides. En effet, l'exploitation de ces différents milieux de communication est intéressante, en particulier pour les applications sous-marine, nucléaire ou de transports tels que les véhicules intelligents. L'utilisation d'ondes ultrasonores guidées telles que les ondes de Lamb pour la communication dans des milieux solides peut être une solution prometteuse. En effet, ces ondes peuvent se propager sur de longues distances et peuvent également fournir des informations utiles sur l'état de santé de la structure. L'objectif de ce travail est le développement d'un système de communication haut débit dans des plaques saines et endommagées basées sur le concept d'inter-corrélation. Ce dernier est capable de compenser les effets de la dispersion, des endommagements, de la réverbération et des multiples réflexions dans le canal de transmission. Pour cela, un dispositif expérimental est réalisé afin d'étudier la communication par ondes guidées ultrasonore. Dans un premier temps, ces tests ont été menés sur une plaque saine. Dans un second temps des Encoches Symétriques et Asymétriques (ES et EA) avec différentes épaisseurs sont analysées. L'intérêt de ces mesures est de vérifier si l'algorithme d'intercorrélacion combiné avec la démodulation de phase (BPSK) est capable de compenser les multiples réflexions causées par une ES et les conversions modales causées par une EA. Les résultats montrent qu'une communication fiable avec un haut débit peut être réalisée même en présence d'un endommagement sévère dans le canal de transmission.

^{*}Intervenant

LVA
Laboratoire Vibrations
et Acoustique

Jeudi 19/11

12h08-12h24

Improvement of sound sources identification performances in uncertain environments.

Joannès Chambon*¹ and Jérôme Antoni²

¹Laboratoire Vibrations Acoustique – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon – France

²Laboratoire Vibrations Acoustique (LVA) – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon –
Bâtiment St. Exupéry, INSA Lyon, 25 bis, avenue Jean Capelle 69621 VILLEURBANNE CEDEX,
France

Résumé

As an inverse problem, sound source localization in three dimensions relies on two distinct cornerstones. One is the physical model chosen to describe the acoustic propagation of the sources to identify and the other is the algorithmic process used to derive information from measured acoustic data.

An Equivalent Source Method (ESM) aiming at the simulation of realistic Frequency Response Functions (FRF) is proposed to cover the first point. The underlying idea is to substitute the acoustic behaviour of a radiating object by a set of acoustic monopoles calibrated with respect to the boundary condition on its skin. Such a method allows to perform 3D Conventional Beamforming (CBF) with FRF taking into account the acoustic environment and the influence structure. Misleading sound source localization outcomes due to ground reflections or diffraction are therefore prevented.

The use of such transfer functions raises conditioning issues, thus a large part of this PhD framework is devoted to the ESM optimisation and its integration in inverse methods such as Bayesian focusing.

With a view to using the method for wind tunnel applications, a strategy to include the contribution of wind tunnel convective effects at low Mach number is investigated. To this end, a geometric routine based on Amiet's model is coupled with the ESM boundary condition step and assessed on wind tunnel data.

As the end-of-line imaging results also depends on the input measurement, a reflexion about Cross Spectral Matrix denoising in the context of wind tunnel acoustic measurements is finally initiated.

*Intervenant

Développement de méthodes de fusion, modélisation et classification des indicateurs vibratoires de surveillance des ensembles mécanique basées sur les paramètres d'utilisation. Application à l'hélicoptère

Maxime Meuterlos*¹ and Jérôme Antoni²

¹Laboratoire Vibrations Acoustique – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Université de Lyon, Institut National des Sciences Appliquées – France

²Laboratoire Vibrations Acoustique (LVA) – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon – Bâtiment St. Exupéry, INSA Lyon, 25 bis, avenue Jean Capelle 69621 VILLEURBANNE CEDEX, France

Résumé

Afin d'améliorer la sécurité pour les occupants des hélicoptères tout en maximisant leur temps d'exploitation, les systèmes VHMS (Vibration Health Monitoring System) ont été développés. Ces derniers permettent d'enregistrer plusieurs données de vols notamment vibratoires, et ainsi, surveiller l'intégrité des ensembles mécaniques par le biais d'indicateurs issus du traitement des signaux. L'apparition d'un mode de défaillance d'un composant mécanique se manifeste par une augmentation caractéristique de la valeur de ces indicateurs. Cependant, dans le cas des hélicoptères, ces indicateurs sont susceptibles de varier en fonction des conditions de vols et de manière complexe. Il en résulte une ambiguïté dans l'interprétation de l'évolution de ces indicateurs.

*Intervenant

Détection de la présence de bulles dans un fluide lourd à partir de mesures vibratoires sur la conduite

Sanae Serbout*^{1,2}

¹DTN/STCP/LISM – Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives - CEA – France

²Laboratoire Vibrations Acoustique – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon – France

Résumé

Les coques cylindriques (i.e. tuyauteries) raidies transportant des fluides lourds permettent de modéliser de nombreux systèmes industriels. C'est pourquoi, de nos jours, l'étude de leur comportement vibro-acoustique suscite beaucoup d'intérêt. Ce genre de structure est susceptible de provoquer des anomalies liées à l'apparition de fuites. Dans un souci de limiter leurs conséquences à moyen et long terme, bien avant qu'elles n'atteignent un stade dangereux, il est intéressant voire nécessaire de mettre en œuvre des systèmes de détection de fuites précoce. Par ailleurs, l'opacité de certains fluides impose de travailler " en aveugle ", les systèmes de visualisation optiques sont inopérables, alors pour pallier cet inconvénient, il est nécessaire d'adopter des méthodes acoustiques pour détecter la présence d'éventuelles fuites. Ces fuites se caractérisent par la présence de bulles dans la conduite, induisant ainsi une variation des propriétés de l'écoulement du fluide et modifiant le comportement vibratoire de la conduite. Il est donc intéressant d'analyser le comportement vibratoire de cette dernière afin de quantifier ces bulles pour surveiller et anticiper la dégradation de la structure. La technique envisagée, dans le cadre de cette thèse, consiste à estimer les caractéristiques du mélange liquide/gaz à l'intérieur d'une conduite raidie à partir de mesures vibratoires sur la surface de la conduite et d'en déduire le taux de vide. A cet effet, un modèle analytique du comportement vibratoire d'une tuyauterie remplie d'un fluide lourd et couplée à des brides a été développé et validé numériquement. Il repose sur une approche de sous-structuration basée sur la méthode des admittances circonférentielles couplée à une approche spectrale de la coque remplie de fluide lourd. L'originalité du modèle réside dans la prise en compte du couplage suivant les 4 degrés de liberté entre la coque et les raidisseurs et de l'application d'une méthode d'accélération de convergence du calcul des admittances circonférentielles.

*Intervenant

QUARTZ
SUPMECA

Vendredi 20/11

9h45-10h09

Optimisation en temps réel d'une loi de commande par algorithme génétique et mesures par caméra : application à une ligne de production de parfums

Reza Babajanivalashedi*¹, Stefania Lo Feudo¹, and Jean Luc Dion¹

¹SUPMECA – Laboratoire QUARTZ EA 7393 - SUPMECA Paris, 3 rue Fernand Hainaut, 93400 Saint Ouen, France – France

Résumé

Cette étude porte sur la minimisation du ballotement d'un liquide dans un flacon de parfum en ligne de production. L'optimisation de la lois de commande, qui permet de déplacer les flacons sur un convoyeur à pas de pèlerin, a été effectuée en temps réel en ligne de production, grâce au couplage d'un algorithme génétique avec des mesures par caméras. Cette méthode ne s'appuie pas sur la modélisation du comportement du liquide, mais seulement sur l'analyse de mesures effectuée en ligne, et peut être utilisé pour toute forme des flacons. Plus précisément, l'algorithme démarre avec la génération d'une population de lois de commande décrites par une série de Fourier, où les coefficients de la série sont les variables d'optimisation. Les lois de commande sont ensuite transférées sur la ligne de production et utilisées pour déplacer les flacons. L'avancement du flacon en ligne est filmée par une caméra, et l'élévation de la surface libre est détectée en temps réel grâce à des techniques de traitement d'image. Une nouvelle population des lois de commande est ensuite générée par l'algorithme génétique, jusqu'à minimiser une fonction objectif représentée par la hauteur maximale de la vague. Une campagne expérimentale a montré l'efficacité de l'algorithme en quelque génération et sur deux flacons de forme différente. La loi de commande optimale réduit l'oscillation du liquide par rapport à celle obtenue avec une loi cycloïde et la loi polynomiale actuellement utilisée en ligne de production.

*Intervenant

Développement d'un jumeau numérique de véhicule - Application à la dynamique liaison au sol

Alexandre Débarbouillé*¹

¹Laboratoire QUARTZ – SUPMECA - Institut supérieur de mécanique de Paris : EA7393 – France

Résumé

Le projet consiste à développer une méthode d'identification temps réel de la distribution des efforts issue de paramètres physiques décrivant le comportement dynamique du véhicule [3]. Un premier modèle multicorps non linéaire simplifié de véhicule (3008 - P84 US) a permis déjà d'identifier les efforts verticaux et les excitations routes. L'identification tridimensionnelle des efforts et la diminution des temps de calcul (i.e. le temps réel) semblent atteignables :

- D'une part par l'établissement d'un modèle au plus juste i.e. le nombre de capteurs (réels/virtuels) et leur placement pour décrire au mieux les efforts 3D de conceptions de la LAS et les excitations bases de roue ;
- D'autre part par réduction du modèle multi corps non linéaire. Ici il s'agit de réduire au mieux le modèle multi corps en considérant les incertitudes du modèle et des mesures, les objectifs de précision des grandeurs d'intérêt et les bandes de fréquences étudiées.
- Et de dernière part par une identification (prédiction /correction) non linéaire utilisant par des observateurs de type filtres de Kalman ou H-infini [4] . Il s'agit ici de mettre en place une méthode de machine learning visant à capter le comportement dynamique du véhicule et d'identifier finalement en temps réel (lors des roulages en direct) les efforts et les excitations base de roue.

*Intervenant

Interactions modales au voisinage des points exceptionnels et application pour l'atténuation acoustique

Nicolas Even*¹, Emmanuel Perrey-Debain², Benoit Nennig¹, and Gautier Lefebvre²

¹Laboratoire QUARTZ – SUPMECA - Institut supérieur de mécanique de Paris : EA7393 – France

²Roberval – Université de Technologie de Compiègne : UMRCNRS 7337 – France

Résumé

Le contrôle des nuisances sonores reste toujours un challenge pour le domaine des transports ou du bâtiment, en particulier à basses fréquences. Au-delà du problème de confort, son effet délétère sur la santé publique est également mieux connu aujourd'hui.

Dans de nombreux cas, le bruit est transmis par des conduits qui agissent comme des guides d'ondes acoustiques. La plupart de ces systèmes dépendent de paramètres tels que la fréquence, l'impédance ou des paramètres liés aux matériaux absorbants. L'étude des modes acoustiques guidés conduit alors à la résolution de problèmes aux valeurs propres paramétriques. Pour certaines valeurs de ces paramètres, on observe des dégénérescences, qui correspondent à des valeurs propres doubles ou d'ordre supérieur. Dans le cas de systèmes non-conservatifs, les dégénérescences typiques correspondent à la fusion de deux valeurs propres et de leurs vecteurs propres associés. Ce type de dégénérescence est appelé Point Exceptionnel ou *Exceptional Point* (EP) et est à l'origine de propriétés contre intuitives dans de nombreux domaines de la physique. Dans le cas des guides d'ondes, celles-ci correspondent à une atténuation modale maximale mais aussi à des situations où les valeurs propres ne permettent plus à elles seules de décrire le comportement du système.

Ce travail a pour but de développer des dispositifs expérimentaux pour valider les modèles théoriques et numériques dans le domaine fréquentiel et temporel au voisinage des EPs.

*Intervenant

Contrôle des vibrations d'une plaque par un réseau de dissipateurs granulaires

Antoine Faulconnier*¹

¹QUARTZ (EA7393), VAST, Supméca- ISMEP, 93400 Saint-Ouen-sur-Seine, France – Laboratoire QUARTZ EA 7393 - SUPMECA Paris, 3 rue Fernand Hainaut, 93400 Saint Ouen, France – France

Résumé

Dans ces travaux de thèse, on se propose d'étudier un moyen de contrôler les vibrations de flexion d'une plaque mince, lorsqu'on la soumet à un choc, avec un amortisseur passif constitué d'un réseau périodique à deux dimensions de dissipateurs granulaires (cavité remplie de grains mobiles). Cette structure périodique qui constitue un réseau phononique permet de mobiliser des interférences d'ondes (ex : résonance de Bragg). Elle permet également de piéger l'énergie vibratoire via le positionnement périodique de résonateurs, créant des phénomènes d'antirésonance grâce au couplage des modes de plaque avec les modes de résonateur. Ces travaux de thèse portent sur l'impact de la dissipation large bande occasionnée par des milieux granulaires sur un tel réseau. Etant donnée la difficulté des modèles analytiques à représenter les mécanismes dissipatifs complexes et non-linéaires des milieux granulaires, reposant sur la friction d'un grand nombre de grains, le couplage de la méthode des éléments finis avec la méthode des éléments discrets (FEM-DEM) est utilisé pour modéliser la propagation d'onde dans une poutre dotée d'un réseau de dissipateurs granulaires. En parallèle cette méthode est comparée à un modèle expérimental de poutre suspendue, excitée au moyen d'un marteau de choc, et dont les vibrations transverses sont mesurées à l'aide d'un vibromètre laser. Ces deux méthodes sont utilisées afin de caractériser la propagation en reconstituant la relation de dispersion des ondes de flexion dans la plaque, ce qui permet d'étudier les effets de ce type d'amortissement sur les bandes interdites permettant de quantifier l'atténuation du réseau phononique.

*Intervenant

Identification automatique des défauts du marbre en vue de reconfigurer des machines à commande numérique.

Mouna Hammouda*¹

¹Laboratoire QUARTZ – SUPMECA - Institut supérieur de mécanique de Paris : EA7393 – France

Résumé

L'usinage du marbre est considéré comme une problématique industrielle vue qu'il s'agit d'un matériau très fragile et hétérogène. En effet, lors de l'usinage d'une pièce, une fracture peut se propager rendant la pièce défectueuse. Dans ce contexte, on cherche à optimiser les paramètres d'usinage de la machine pour éviter l'endommagement du marbre. On s'intéresse ici au procédé de perçage du marbre. L'idée est d'identifier les défauts du matériau avant de procéder à l'opération de perçage par un système de reconnaissance de forme. Ce système se base sur des algorithmes d'intelligence artificielle afin de reconnaître automatiquement les défauts de la pièce. La sortie de ce système précise le type de défaut s'il existe ainsi que sa localisation et sa taille. En effet, ces données seront nécessaires pour optimiser les conditions d'usinage. D'autres données indispensables, telles que les propriétés du marbre (la dureté, la contrainte de compression uni-axiale, la contrainte de flexion, la densité...) ainsi que les paramètres technologiques et géométriques de l'outil de perçage devront également être prises en compte mais sortent du contexte de cette étude. La détection des défauts du marbre peut être faite par différentes méthodes de contrôle non destructif CND. Ces méthodes sont cependant difficilement applicables à l'industrie car trop coûteuses et longues à mettre à œuvre. La première approche considérée dans ce travail considère une projection 2D des défauts existants dans une plaque en marbre. Mais ceci reste limité à cause de la répartition des défauts potentiels dans l'épaisseur de la plaque. Une seconde approche basée sur le comportement dynamique de la plaque de marbre sera donc considérée dans ce travail. Des techniques de mesure de champs par caméras rapides, éventuellement couplées à des mesures accélérométriques seront alors considérées pour identifier plus finement les défauts des plaques de marbre.

*Intervenant

UTC
Roberval

Vendredi 20/11

10h30-10h50

Modèle numérique de super-élément pour le vitrage automobile

Alexandre Berthet*¹

¹Roberval – Université de Technologie de Compiègne – France

Résumé

Dans le domaine de l'automobile, le pare-brise est un élément central car il est majoritairement responsable du bruit à l'intérieur de l'habitacle. Il s'agit d'une structure sandwich composée de deux feuilles de verre séparées par une couche de matériau viscoélastique à haut pouvoir amortissant, le tout fixé à la caisse automobile par un joint en polyuréthane lui aussi aux propriétés viscoélastiques. Cet élément est également couplé au fluide (air) de l'habitacle. Pour une simulation vibro-acoustique fiable, la modélisation de l'ensemble pare-brise/joint est alors cruciale, sauf qu'en réalité elle est plutôt approximative : module d'Young équivalent, propriétés mécaniques moyennées, etc. Les raisons de ces approximations ne sont pas exclusivement numériques, la propriété intellectuelle entre les différents industriels est aussi un enjeu majeur. Ainsi l'échange de modèles précis et exhaustifs s'avère difficile dès lors que les pare-brises sont protégés par de nombreux brevets.

De ce constat émerge le besoin suivant : créer un nouveau modèle numérique de pare-brise prenant en compte de manière précise la présence du matériau viscoélastique, les conditions de liaisons avec la caisse et le couplage vibro-acoustique avec l'habitacle, sans que les données sensibles ne puissent être retrouvées.

Pour faciliter les échanges entre les industriels on privilégiera l'approche systémique, le pare-brise est vu comme un des composants qui forment le véhicule et son modèle numérique doit pouvoir s'implanter sur celui de la caisse. La dépendance fréquentielle des matériaux viscoélastiques peut être gérée par la méthode de Golla-Hughes-MacTavish. Le problème à résoudre devient quadratique mais des outils mathématiques, comme les modèles d'état, permettent de le traiter efficacement (base modale, réduction de modèle type "balanced truncation", etc.) pour qu'il soit le plus précis, le plus performant et le plus léger possible sans faire apparaître les informations protégées.

*Intervenant

Méthode hybride de simulation aéroacoustique

Silouane De Reboul^{*1}, Emmanuel Perrey-Debain, Nicolas Zerbib², and Stéphane Moreau

¹Université de Technologie de Compiègne – LABORATOIRE ROBERVAL UTC COMPIEGNE – France

²ESI GROUP (Vibro-Acoustics CoE) – ESI GROUP – 20 rue du Fonds Pernant 60471 COMPIEGNE Cedex, France

Résumé

Pour simuler un bruit large bande d'origine aérodynamique, plusieurs approches numériques sont possibles. Parmi celles-ci, les méthodes hybrides s'appuient sur le principe des analogies aéroacoustiques : on suppose un couplage faible entre les phénomènes aérodynamiques dans une zone source, et la propagation acoustique, dans tout le domaine d'étude. À partir de la connaissance de l'aérodynamique dans cette zone source, un terme source aéroacoustique est estimé, dépendant de l'analogie choisie. On compare ici plusieurs analogies, celle de Ribner pour laquelle la simple connaissance de la pression avec hypothèse d'incompressibilité donne accès au terme source, et celle de Lighthill pour laquelle le calcul de la double divergence du tenseur éponyme est nécessaire. Ces deux analogies sont appliquées pour calculer le bruit d'un diaphragme en conduit, résolues par éléments finis après un calcul de source avec le logiciel de CFD OpenFOAM.

^{*}Intervenant

Landscape theory applied for modes localization in a heterogeneous circular membrane

Carlos García A.*¹, Nicolas Dauchez¹, and Gautier Lefebvre¹

¹Sorbonne Universités, Université de Technologie de Compiègne, CS 60319 - 60203 Compiègne Cedex, France – FRE UTC-CNRS 2012 Roberval – France

Résumé

Localization is a phenomenon of energy concentration. Filoche and S. Mayboroda, [PNAS, 2009] showed that even a simple fixed point on a plate can induce strong localization. Later, in [PRL, 2012] they proposed a way to unify weak and Anderson localization by the Landscape Theory. This mathematical tool enables to characterize localized modes in a complex structure and is the static response to a uniform force. Lefebvre [PNL, 2016] proved that one single static measurement permits to determine the vibrational behaviour of localized modes in a complex plate. For a membrane, some complexities have to be taken into account: it is not possible to make the light fluid assumption, made when determining the properties of a plate vibrating in the air. Furthermore, the tension field, either uniform or non-uniform, has to be taken into account with care, as it will change drastically the modal shapes and the resonant frequencies.

The aim of this work is to study a circular membrane with complex geometry, specially conceived to induce localization. A quasi-static measurement of the landscape function is made by measuring the deformation of the complex membrane on a cavity (kick-drum), closed on the backside and excited with a loudspeaker generating a low frequency harmonic pressure. Modal measurements are made in vacuum conditions and results are compared with finite element simulations. We show that it is possible to have a good estimation of the localized resonant frequencies in a membrane by means of the landscape function, without the need of a vacuum measurement, and without the knowledge of its tension field.

*Intervenant

Méthodologie de mesure des caractéristiques acoustiques multimodales dans les conduits du turbocompresseur

Yackine Tadjou*¹

¹Université de Technologie de Compiègne – FRE UTC-CNRS 2012 Roberval – France

Résumé

Pour faire face au durcissement des normes d'émissions polluantes et sonores, les constructeurs de moteur ont cherché à réduire la cylindrée des moteurs tout en conservant leurs performances. Ce phénomène appelé downsizing est présent dans l'industrie depuis le début du 21^{ème} siècle et a provoqué le développement des turbocompresseurs.

Ces turbocompresseurs, principalement de type radial, sont composés d'une turbine rotative utilisant soit l'énergie des gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne soit un moteur électrique pour entraîner un compresseur. Ce dernier utilise le travail fourni par la turbine pour comprimer l'air à l'admission du moteur pour augmenter la quantité de mélange air/carburant admis dans le moteur et donc ses performances.

Cependant leur bruit composite large bande et tonal du respectivement à l'écoulement de l'air et à la rotation de leur arbre est également une source de pollution sonore et d'inconfort. La signature sonore peut changer en fonction du choix de modèle du turbocompresseur par le motoriste et des optimisations de ligne d'air véhicule réalisées. L'objectif des travaux ici est de caractériser acoustiquement le turbocompresseur en fonctionnement, et sur une large bande de fréquence (100Hz-10kHz), en donnant la matrice de diffusion du turbocompresseur (comportement passif) et la puissance acoustique (comportement actif) dans les conduits en amont et en aval du compresseur. Pour se faire, on souhaite mettre au point un méthode de mesure acoustique multimodale adaptée à un banc d'essai turbocompresseur.

Ce sujet s'inscrit dans un contexte industriel où dans le cadre d'essais réalisés au CRITT M2A, les résultats pourraient être utilisés par les constructeurs automobiles comme données d'entrée pour les simulations de bruit de passage dans le cadre des synthèses véhicules ou dans le dimensionnement des silencieux et traitements acoustique pour les lignes d'air d'admission.

*Intervenant

LMSSC

Laboratoire de
Mécanique des
Structures et des
Systèmes Couplés

Vendredi 20/11

11h15-11h23

Modélisation numérique de la transmission acoustique des entrées d'air de fenêtres

Julien Puig*¹

¹Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés – Conservatoire National des Arts et Métiers [CNAM] : EA3196 – France

Résumé

Respirer un air sain chez soi, au travail, dans tous lieux, suppose d'aérer constamment les pièces : entrées d'air, VMC et bouches d'aérations permettent le renouvellement de l'air. Néanmoins, ces systèmes d'aération – les entrées d'air en particulier – amoindrissent l'étanchéité sonore des façades puisqu'ils constituent un chemin privilégié pour le passage du son de l'extérieur vers l'intérieur des bâtis. A l'heure où les effets potentiellement néfastes de la pollution sonore pour la santé sont mis en évidence, la question suivante se pose :
” *Comment assurer le passage d'un débit d'air suffisant dans les ouvertures de fenêtre, tout en dissipant de façon optimale l'énergie sonore incidente ?* ”

Les fabricants d'entrées d'air soumettent leurs produits à des essais en laboratoire, afin d'en déterminer le niveau d'affaiblissement acoustique. Si l'ajout de mousse poreuse autour du flux d'air améliore légèrement les performances, ces dernières restent loin de l'isolement d'une fenêtre non équipée. De plus, les essais en laboratoire présentent des incertitudes, notamment en basses fréquences, liées aux caractéristiques des chambres acoustiques et au montage des échantillons testés.

Aussi, la simulation numérique devient une alternative intéressante pour étudier les comportements vibro-acoustiques des entrées d'air : elle permet d'étudier à moindres coûts l'influence de nombreux paramètres sans nécessiter la fabrication systématique d'un nouvel échantillon. L'objectif de cette recherche est double : mettre au point un modèle numérique capable de prédire l'isolement acoustique des entrées d'air et développer des stratégies de réduction du bruit en respectant les contraintes industrielles.

La comparaison des différentes approches de modélisation des matériaux poreux constitue une première étape de ce travail, elle a permis la création d'un premier modèle numérique d'entrée d'air intégrant un traitement poreux. Ce modèle sera recalé sur la base d'essais expérimentaux et par la suite confronté à des géométries nouvelles afin d'en améliorer la précision.

*Intervenant

FEMTO-ST
Sciences et
Technologies

Vendredi 20/11

11h23-11h39

Nonlinear dynamics of a mode-localized electromagnetic device: a way to enhance the performances of vibration energy harvesting

Kaouthar Aouali^{*1}, Najib Kacem^{*1}, and Bouhaddi Nouredine^{*1}

¹Univ. Bourgogne Franche-Comté, FEMTO-ST Institute, CNRS/UFC/ENSMM/UTBM, Department of Applied Mechanics, 25000 Besançon, France – Institute Femto-st – France

Résumé

A multimodal vibration energy harvester (VEH) based on electromagnetic transduction of a quasiperiodic system is proposed. The multimodal approach, the nonlinearity and the phenomenon of energy localization are implemented in order to improve the output harvesting performances of the proposed device. The vibration energy localization is ensured by mistuning the mass of one of the moving magnets and is functionalized to maximize the harvested energy. The mechanical nonlinearity is introduced by considering large displacements of the beams and is exploited to maximize the bandwidth of the harvester. The benefits of mode localization and nonlinearity are investigated in a multimodal harvester. First, a system composed of two weakly coupled magnets mechanically guided by two elastic beams is investigated. The system is modeled by two coupled forced Duffing equations for each degree of freedom and the governing equations, modeling the quasiperiodic system, are solved analytically using the multiple scales method. A prototype of the harvester has been fabricated and experimentally verified and the model of prediction has been validated by experimental results. The results indicate that the combination of the nonlinearity and the energy localization phenomenon leads to the enlargement of the bandwidth and the increase of the vibration amplitudes. A multiobjective optimization is conducted intending to improve the two major objectives simultaneously. Subsequently, the present 2 degree-of-freedom (DOF) model is generalized to a quasiperiodic 5-DOF model and its analytical solution is derived. The performances of the device are enhanced up to 88,2% and 40% respectively in terms of harvested power and frequency bandwidth compared to the 2-DOF system. The proposed solution provides a convenient tool to design an efficient multiple degree-of-freedom VEH.

*Intervenant

Quand les vibro-impacteurs prennent la pose et se renvoient la balle : mesure plein champ et corrélation d'image pour la caractérisation expérimentale du phénomène de vibro-impact

Robin Chabrier*¹

¹Franche-Comté Électronique Mécanique, Thermique et Optique - Sciences et Technologies (UMR 6174) – Université Bourgogne Franche-Comté [COMUE] – France

Résumé

Parmi les méthodes permettant de réduire les vibrations des structures, l'utilisation d'absorbeurs à vibro-impacts, appelés vibro-impacteurs, est une voie très prometteuse : ces dispositifs sont relativement simples dans leur conception, sont peu sensibles aux conditions environnementales telles que la température et l'humidité, et sont efficaces sur une large plage de fréquences de par leur caractère non-linéaire. Schématiquement, un vibro-impacteur est constitué d'une masselotte libre en translation dans une cavité solidaire de la structure principale à amortir.

Bien que peu d'études expérimentales existent dans la littérature, les vibro-impacteurs sont habituellement réalisés à l'aide d'une bille emprisonnée dans la structure à amortir, ou dans une boîte attachée à cette dernière. Afin de valider correctement le comportement de la structure équipée de l'absorbeur et de ce dernier, il est nécessaire de réaliser des mesures. Cependant, il est quasiment impossible d'envisager l'instrumentation de la bille qui oscille à l'intérieur de sa cavité, ce qui limite l'étude à l'analyse de la structure principale.

Dans cette étude, nous proposons une méthode de mesure plein champ basée sur l'utilisation d'une caméra rapide associée à une technique de corrélation d'image (Digital Image Correlation). Il est ainsi possible de reconstruire les mouvements de la structure et de la bille, et ainsi de caractériser expérimentalement le coefficient de restitution lors des impacts, ainsi que la force de frottement agissant sur la bille pendant les phases de vol libre. Ainsi, ce travail permet de contribuer à la meilleure compréhension des phénomènes en jeu dans les vibro-impacteurs.

*Intervenant

” Meta-modélisation multi-fidélité pour la simulation et le recalage en dynamique d’ensemble des turbomachines ”

Francesco D’alessandro^{*1,2,3}, Hugo Festjens¹, Gaël Chevallier², Scott Cogan², Tariq Benamara³, and Caroline Sanvitu³

¹Safran Aircraft Engines – Dynamique d’ensemble – France

²Franche-Comté Électronique Mécanique, Thermique et Optique - Sciences et Technologies (UMR 6174) – Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6174, Université de Franche-Comté, Université Bourgogne Franche-Comté [COMUE] – France

³Cenaero – Belgique

Résumé

Le travail de conception des turbomachines repose sur analyse des phénomènes vibratoires affectant l’ensemble propulsif sous différents types d’excitations. En phase de développement, des modèles éléments finis 3D détaillés (*IFEMs*) sont développés, une opération de recalage est réalisée sur ces modèles pour minimiser l’écart entre les données mesurées et celles prévues par le modèle. Cela permet d’estimer au mieux les paramètres physiques et ainsi d’augmenter la fidélité de la simulation. Dans toutes les phases de vie d’un moteur, il est nécessaire de pouvoir évaluer rapidement le comportement dynamique d’un grand nombre de configurations. Ce travail repose aujourd’hui sur l’exploitation directe des *IFEMs*. Le coût de calcul prohibitif et le nombre élevé des paramètres de conception ne permettent pourtant pas d’évaluer l’ensemble des configurations potentielles. L’objectif de ce travail de thèse est de fournir des outils d’évaluation rapide de l’espace de design dans toutes les phases de développement d’un moteur. Pour répondre à ce besoin, des métamodèles multi-fidélité (*MFSMs*) sur les ensembles propulsifs seront développés, en réalisant des bases de données composés par plusieurs familles de données de simulations: de ‘haute-fidélité’, précises, couteuses et peu abondantes et de ‘basse fidélité’, moins précises, moins couteuses et abondantes. Pour le développement de la base de données une méthodologie de résolution de systèmes dynamiques non-linéaires sera mise en place. Le problème, posé en formulation *HBM* (*harmonic-balance-method*) sera résolu à travers un algorithme de continuation développé ad-hoc pour le traitement des *IFEMs*. Une dégradation de la qualité de la simulation sera effectuée au niveau de la complexité des liaisons et du modèle *EF*. Une réduction de modèle à plusieurs niveaux sera effectuée pour baisser le temps de calcul des simulations : une réduction de Craig-Bampton sur les composantes (1er niveau) sera associée à une réduction sur base modale de l’ensemble propulsif (2eme niveau).

*Intervenant

CMAP
Centre de
Mathématiques
Appliquées
Polytechnique

Vendredi 20/11

12h00-12h08

Calcul rapide de HRTF et problème inverse

Dorian Lereverend*¹

¹Centre de Mathématiques Appliquées - Ecole Polytechnique – Ecole Polytechnique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7641 – France

Résumé

L'être humain est capable d'identifier la direction d'incidence d'un son qui parvient à ses oreilles.

Cette faculté est due à des phénomènes de diffraction acoustique modélisés par des fonctions mathématiques : les HRTF.

Déterminer numériquement une HRTF requiert des méthodes numériques performantes car cela est coûteux en temps de calcul.

Il faut accélérer ces calculs afin de pouvoir résoudre le problème inverse suivant : Identifier le coefficient d'impédance sur le bord d'un objet à partir de sa réponse acoustique.

*Intervenant

LTDS
Laboratoire de
Tribologie et
Dynamique des
Systèmes

Vendredi 20/11

12h08-12h20

Dynamique d'un câble soumis à la présence d'obstacles et à la présence de masses ponctuelles : Applications aux téléphériques

Charlémie Bertrand^{*1,2}

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS) – Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, UMR 5513 CNRS – 3, Rue Maurice Audin, 69518 Vaulx en Velin (CEDEX), France

²École Nationale des Travaux Publics de l'État – Ministère de la Transition écologique et solidaire – France

Résumé

Mon travail est consacré à la modélisation et à la simulation de la dynamique d'un câble (milieu curviligne avec non-linéarité géométrique) lorsque ce dernier est soumis à la présence d'obstacles.

Les obstacles sont modélisés avec des contraintes unilatérales et les efforts numériques sont concentrés sur la prise en compte des non-régularités dans les solutions obtenues. La méthode des éléments finis a été utilisée pour obtenir une formulation versatile et adaptable aux installations monocâbles.

L'intérêt de cette approche permet de prendre en compte les interactions entre le câble et les supports constituant une ligne (poules et pylônes). La description des forces de réactions locales permet d'introduire du frottement dans la dynamique du câble. Des informations qualitatives sur l'influence de l'interaction entre le milieu et les appuis sont alors obtenues. Les perspectives de ce travail sont la simulation d'une ligne entière de téléphérique notamment pendant les phases transitoires mais aussi de produire une bibliothèque de scénarios d'instabilités pour un téléphérique monocâble.

*Intervenant

Comportement asymptotique d'une chaîne d'oscillateurs non-linéaires en vue de contrôle acoustique

Gabriel Hurel^{*1,2,3}, Sébastien Baguet², Alireza Ture Savadkoohi¹, and Claude-Henri Lamarque¹

¹Univ Lyon, ENTPE, LTDS UMR CNRS 5513, F-69518 Vaulx-en-Velin Cedex, France – École Nationale des Travaux Publics de l'État [ENTPE] – France

²Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, LaMCoS, F-69621, France – INSA Lyon, France – France

³Univ Lyon, LABEX CeLyA (ANR-10-LABX-0060) – Université de Lyon – France

Résumé

L'objectif de ce travail est de concevoir un méta-matériau non-linéaire capable de contrôler la propagation d'ondes acoustiques. Ici, nous traitons une chaîne d'oscillateurs avec n particules de masse M . Chaque masse M est couplée à une petite masse m . Les interactions entre les masses M sont linéaires tandis que les interactions entre les masses M et m sont non-linéaires (purement cubiques). Le système est sollicité à l'une de ses extrémités avec une énergie initiale ou par une force périodique. Les modes et les fréquences du système linéarisé sont calculés afin de constituer une base modale sur laquelle ses équations peuvent être projetées. Après complexification des variables, la méthode des échelles multiples est utilisée pour analyser le comportement du système. Selon que l'on considère les coordonnées physiques ou modales, différentes variétés invariantes lentes (SIM) peuvent être calculées. Le système peut également être approché par un modèle continu permettant lui aussi de calculer un SIM. Enfin, des intégrations numériques viennent confirmer les résultats analytiques obtenus.

Mots-Clés: chaîne d'oscillateurs, onde acoustique, dynamique non, linéaire, méthode des échelles multiples

*Intervenant