



Journées des Jeunes Chercheurs en
Acoustique, vibration et Bruit



15^{ème} édition

Besançon

13-14 Novembre 2025

Table des matières

JJCAB 2025 : Liste des résumés	1
Développement de méthodes de caractérisation des forces aux interfaces de systèmes soumis a des impacts de fortes amplitudes – application aux cloueuses professionnelles., Quentin Malidain [et al.]	5
Techniques passives d’amortissement vibratoire multimodal par circuits piézoélectriques résonants, Pierre Flament [et al.]	6
Étude analytique et expérimentale de membranes minces hyperélastiques : application aux puits d’énergie non linéaire pour l’atténuation des forts niveaux acoustique, Rita Moussa [et al.]	7
Surveillance par analyse de vitesse instantanée de roulements soumis à changement de cinématique : du jumeau numérique au diagnostic en conditions non stationnaires., Papet-Lepine Antoine [et al.]	8
Étude du comportement dynamique non-linéaire 3D du contact pantographe-caténaire : modèles et outils numériques., Victor Clerc [et al.]	10
Discrétion acoustique d’un drone, Pierre Bagnara [et al.]	12
Analyse spectrale des signaux tip timing, Khadija El Khabbazi	13
Modèle vibro-acoustique équivalent de structures multicouches à interfaces imparfaites non linéaires, Antoine Demiquel [et al.]	14
Application de la méthode de résolution inverse aux membranes couplées à un fluide, Anaïs Mougey [et al.]	15
Analyse modale du bruit tonal des turbomachines en décélération : compromis entre repli spectral et mauvais conditionnement, Muhammad Nabil Albezzawy . .	16

Synthèse audio pour le prototypage virtuel de guitare en matériau architecturé basé sur une modélisation hybride analytique & numérique, Victor Piton [et al.] .	17
Isolation vibratoire à base d'élastomères magnétorhéologiques, Emre Cavdar [et al.]	18
Application des plaques microperforées à la réduction du bruit de roulement - cas du passage de roue d'un véhicule, Robin Mafféïs [et al.]	19
Nanocomposite-based Sensor for Tightness Loss Detection, Eduardo Preto [et al.]	20
Simulation multicorps de freins aéronautiques vis-à-vis de l'instabilité induite par frottement de Whirl, Lucas Dujardin [et al.]	21
Localisation de vibration dans les membranes avec résonances de masses concentrées : comment adapter la théorie du paysage ?, Aristide Leborgne [et al.]	22
Surveillance de transmissions mécaniques à engrenages par analyse de la vitesse instantanée, Tanguy Yvon [et al.]	23
Identifier un module d'Young complexe par PINNs avec une paramétrisation " bulles contiguës " sur une poutre d'Euler-Bernoulli, Maxime Auger	24
Modélisation vibratoire des dégradations des roulements dans les moteurs d'avion : opportunités d'une approche multicorps, Raul Felipe Flores Hernandez [et al.] .	25
Mise en évidence expérimentale de l'effet acousto-élastique pour l'estimation de contraintes résiduelles., Yannick Yasothan [et al.]	26
Optimisation de l'épaisseur des laines végétales ignifugées pour des applications de confort intérieur acoustique et hygrothermique, Lucien Mutel	27
Modélisation des composants bogie de type caoutchouc-métal, Bilal Sabillah [et al.]	28
De la FEM classique à la PUFEM : continuité et perspectives pour la modélisation acoustique, Riccardo Iaccarino	29
Sound Propagation on Ceramic Walls and Floors, Ozgur Taner Tugut	30
Homogénéisation de plaques architecturées à partir de réponses harmoniques, François Fabre [et al.]	31
Investigating Phase Permutation Entropy for the Characterization of Roller Element Bearing Faults in Induction Machine by Vibro-Acoustic modalities, Elga Melissa Ossemane Asseko [et al.]	32
Optimisation vibratoire d'un interféromètre à fibre optique, Eliott Breton [et al.]	33

Matériaux architecturés : application aux tables d'harmonie de guitare acoustique, Nathan Zwahlen [et al.]	34
Modélisation des instabilités vibratoires roue/rail en courbe : application au bruit de crissement, Jacobo Arango Montoya	35
Experimental continuation with phase-locked-loop: parametric excitation, piezo-electric energy harvesting and friction, Hugo Fayolle [et al.]	36
Application de méthodes de caractérisation vibro-acoustique sur poutres de plâtre endommagées, Théodore Braule [et al.]	37
Une approche multiméthode de caractérisation dynamique de fibres individuelles pour des applications composites, Fanny Pelisson [et al.]	38
Application of Virtual Sensing in Rotodynamics with Probabilistic Surrogate Model, Guilherme Lacerda [et al.]	39
Caractérisation viscoélastique et optimisation du couple rigidité-amortissement de bio-composites pour le développement de pales d'éoliennes, Mohamed Amine Belahcen [et al.]	40
Modelisation of Acoustic Newtonian noise in Einstein Telescope caverns : Application to the design of HVAC systems, Lionel Maurin [et al.]	41
Contrôle vibratoire d'une imprimante 3D à câbles avec transducteurs piézoélectriques, Thibault Garcia [et al.]	42
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LES STRUCTURES ADAPTATIVES AVEC TRANSDUCTEURS PIEZOELECTRIQUES SHUNTES, Camille Martin [et al.]	43
Neural Network-Based Surrogate Modeling for Railway Dynamics, Eyoel Atnafe [et al.]	45
Model Inversion Control Enhanced by the use of Reinforcement Learning to target stable optimal acoustic impedance in electroacoustic absorbers, Arthur Diniz Flor Torquato Fernandes [et al.]	46
Experimental identification of the mechanical properties of elastomeric materials at high frequency and large strain, Catarina Barros [et al.]	47
Data-Driven Classification of Operational Failures in Wind Turbine Using Machine Learning, Amanda Aryda Sousa [et al.]	48
Influence de la régularisation pour la quantification de points chauds par holographie acoustique champ proche, Tomé Sadones-Oldakowski [et al.]	49

Conception et optimisation d'un oscillateur non-linéaire à un degré de liberté pour des méta-structures, Rafael Da S. Raqueti [et al.]	50
Jumeau numérique temps réel pour l'estimation des forces au centre de roue sur véhicules de série, André Buckenmeyer	51
Prise en compte de la perte de passivité des absorbeurs électroacoustiques due aux variations de température à l'aide d'un modèle viscoélastique de matériau, Leonardo Ferreira	53

Développement de méthodes de caractérisation des forces aux interfaces de systèmes soumis a des impacts de fortes amplitudes – application aux cloueuses professionnelles.

Quentin Malidain * ¹, Charles Pezerat ¹, Thomas Dupont ², Frederic Ablitzer ¹, Pierre Marcotte ³

¹ Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans – Le Mans Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Ecole de Technologie Supérieure [Montréal] – 1100, rue Notre-Dame Ouest Montréal (Qc) H3C 1K3 Canada, Canada

³ Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail – Canada

Ce projet doctoral vise à quantifier les forces d'impact de forte amplitude, en particulier celles générées par les cloueuses portatives. Ces outils produisent des niveaux de bruit et de vibrations susceptibles d'affecter la santé et la sécurité des opérateurs, notamment en cas d'exposition répétée ou prolongée. L'estimation de ces forces constitue un enjeu méthodologique majeur, en raison des contraintes expérimentales qui empêchent l'instrumentation directe des interfaces de la cloueuse, ainsi que des phénomènes potentiellement non linéaires associés à l'enfoncement du clou.

Dans ce contexte, plusieurs approches de résolution du problème inverse sont étudiées afin de guider le choix des techniques de mesure et des méthodes de reconstruction. L'accent est mis sur la robustesse des solutions retenues face aux non-linéarités possibles et aux incertitudes expérimentales. Les premières validations, menées à l'aide d'un marteau instrumenté frappant une poutre encastrée-libre, ont permis de reconstruire avec succès la force d'impact à partir de mesures vibratoires, établissant ainsi les bases d'une méthodologie de reconstruction qui sera par la suite adaptée aux sollicitations induites par les outils percussifs.

Mots-Clés: Force impulsionnelle, forte amplitude, méthodes indirectes, problème inverse

*Intervenant

Techniques passives d'amortissement vibratoire multimodal par circuits piézoélectriques résonants

Pierre Flament ^{*} ^{1,2}, Boris Lossouarn ², Jean-François Deü ², Éric Ramond ¹, Pascal Audrain ¹

¹ Naval Group – Environnement Militaire Acoustique – France

² Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés – Conservatoire National des Arts et Métiers – France

Dans le cadre de l'amélioration de la discrétion acoustique des navires, il est parfois nécessaire de réduire l'amplitude vibratoire de certaines résonances structurelles. Pour cela, diverses techniques passives peuvent être utilisées, comme les amortisseurs à masse accordée, les matériaux viscoélastiques ou encore les shunts piézoélectriques résonants. Cette dernière technique d'amortissement repose sur le couplage d'un shunt résonant - circuit constitué d'une inductance et d'une résistance - avec une structure mécanique munie de transducteurs piézoélectriques, convertissant l'énergie vibratoire en énergie électrique. Lorsque la résonance électrique du shunt est accordée à la fréquence propre du mode à contrôler, l'inductance et la capacité des transducteurs forment un circuit résonant, et l'énergie électrique ainsi convertie est dissipée par la résistance sous forme de chaleur. Un tel shunt étant optimisé pour l'amortissement autour d'un mode spécifique, cette technique peut s'avérer insuffisante pour les structures mécaniques soumises à des excitations à large bande. Afin d'amortir plusieurs résonances simultanément, il est possible d'utiliser des shunts multi-branches. Plusieurs lignes électriques sont alors connectées à un unique transducteur piézoélectrique, chacune des lignes étant dédiée au contrôle d'une résonance spécifique. Néanmoins, cette approche présente deux faiblesses : la performance de réduction vibratoire décroît en fonction du nombre de modes ciblés et le circuit peut conduire à un nombre important de composants électriques. Afin de surmonter ces limites, des avancées récentes ont exploré l'utilisation simultanée de plusieurs transducteurs piézoélectriques, couplés à un réseau interconnecté. Cette distribution assure la mutualisation des performances de réduction vibratoire de tous les transducteurs piézoélectriques avec les résonances mécaniques ciblées. Cependant, la généralisation et l'implémentation d'un tel réseau sous une forme passive sont encore inconnues à ce jour. C'est l'objectif poursuivi par ce travail : développer et valider cette nouvelle stratégie afin de réduire simultanément l'amplitude de plusieurs résonances mécaniques, et ce, avec un contrôle purement passif.

Mots-Clés: passive vibration control, multimodal damping, piezoelectricity, multi, branch shunts, interconnected piezoelectric networks, coupling factors

^{*}Intervenant

Étude analytique et expérimentale de membranes minces hyperélastiques : application aux puits d'énergie non linéaire pour l'atténuation des forts niveaux acoustique

Rita Moussa * ¹, Arthur Givois , Nicolas Dauchez *

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

La réduction du bruit, notamment l'atténuation sur de larges gammes fréquentielles et plus particulièrement en basses fréquences, constitue un enjeu majeur pour la société. Cette étude propose l'utilisation des absorbeurs présentant une raideur régie par une loi non linéaire, offrant un avantage par rapport aux oscillateurs à masses accordées classiques.

Ces oscillateurs non linéaires, sont appelés puits d'énergie non linéaire ou NES (pour Nonlinear Energy Sinks). Lorsqu'un tel système est couplé à un système primaire (acoustique ou vibratoire) et soumis à un niveau d'excitation suffisant pour activer son comportement non linéaire, un transfert irréversible d'énergie se produit : l'énergie est transférée du système primaire vers l'absorbeur non linéaire, où elle est dissipée. Dans ce contexte, l'application des NES pour atténuer le mode acoustique d'un conduit est étudiée.

Le NES est constitué d'une fine membrane viscoélastique en caoutchouc qui, sous de forts niveaux d'excitation acoustique, vibre avec des déplacements importants, induisant des non-linéarités géométriques. Bien que le comportement de ces oscillateurs soit souvent décrit dans la littérature comme étant principalement cubique, les observations expérimentales ne confirment pas cette tendance. Cette étude vise à analyser non seulement la non-linéarité géométrique de l'oscillateur, mais également celle liée à l'hyperélasticité du matériau constituant cet oscillateur. Une limitation majeure de ces systèmes réside dans la nécessité de niveaux d'excitation élevés pour déclencher le transfert irréversible d'énergie. Ces travaux proposent une analyse paramétrique approfondie de la membrane (rayon, épaisseur, amortissement, etc.) dans le but d'optimiser le comportement du NES, de réduire le seuil d'activation et, enfin, de comparer ces résultats aux observations expérimentales.

Mots-Clés: absorbeur non, linéaire, pompage énergétique, hyperélasticité, basses fréquences, réduction du bruit

*Intervenant

Surveillance par analyse de vitesse instantanée de roulements soumis à changement de cinématique : du jumeau numérique au diagnostic en conditions non stationnaires.

Papet-Lepine Antoine * ^{1,2,3}, Hugo Andre ³, Didier Remond ², Mohamed Habib Farhat ³, Jean-Baptiste Dupont ¹

¹ Vibratec, 28 chemin du petit bois, 69130 Ecully – Vibratec SAS – France

² Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5259 – France

³ Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus Industriels – Université Jean Monnet - Saint-Etienne, Université Jean Monnet [Saint-Etienne] : EA3059 – France

Ce résumé présente les objectifs et pistes envisagées pour une thèse tout juste commencée, il n'y donc pas encore de publication ou de résultats propres à la thèse. L'objectif est de contribuer à l'amélioration de la prise de décision en maintenance en s'appuyant sur une source de données encore peu exploitée : les signaux de vitesse instantanée (Instantaneous Angular Speed, IAS). Ces signaux, directement liés aux phénomènes de résistance au roulement dans les roulements, offrent un potentiel intéressant pour détecter et suivre l'évolution des défauts, à condition de savoir les traiter correctement et efficacement en adaptant les outils de traitement du signal. Deux grandes thématiques structurent ce travail :

- Le traitement avancé des signaux de vitesse instantanée, pour en extraire des indicateurs robustes de gravité, y compris en présence de glissement ou de changement de cinématique, de résonances torsionnelles ou de vitesses non constantes ;
- La compréhension fine des phénomènes de glissement ou de changement des relations cinématiques dans les roulements, afin de mieux interpréter les signatures observées et de distinguer ce qui relève d'un défaut réel de ce qui est induit par les conditions de fonctionnement, en particulier en chargement.

Cette approche vise à surmonter une difficulté centrale du diagnostic : la forte dépendance des fréquences caractéristiques des défauts de roulements aux conditions de chargement dynamique, souvent mal estimées sur le terrain. En proposant de nouvelles méthodes d'analyse et de nouveaux cadres de modélisation, la thèse ambitionne de rendre la surveillance plus fiable, plus interprétable et mieux adaptée aux systèmes soumis à des conditions de fonctionnement complexes, comme les éoliennes.

*Intervenant

Mots-Clés: roulement, vitesse de rotation instantanée, surveillance, non stationnaire, glissement, jumeau numérique

Étude du comportement dynamique non-linéaire 3D du contact pantographe-caténaire : modèles et outils numériques.

Victor Clerc * ¹, Didier Remond , Roberto Alcorta ^{2,3}, Sébastien Baguet ⁴

¹ Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5259 – France

² CEA, University of Paris-Saclay – DEN-Services d’Etudes Mécaniques et Thermiques (SEMT), CEA, UNIVERSITY OF PARIS-SACLAY – 91191 Gif-sur-Yvette, France

³ INSA Lyon, LaMCoS, University of Lyon – Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, LaMCoS, F-69621, France. – 69621 Villeurbanne, France

⁴ Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Université de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5259 – France

Ma thèse a pour objectif d’apporter une meilleure compréhension des phénomènes en jeu lors du contact entre le pantographe (outils de captation du courant pour le train) et la caténaire (câble d’alimentation au-dessus du train). La connaissance et la capacité à modéliser cette interaction sont cruciales lors de la mise en place de nouveaux chemins de fer ou de la modification d’infrastructures existantes. La caractéristique définissant un bon comportement est la perte ou non du contact.

Les logiciels de simulation en circulation sont grandement restreints à des modèles 2D limitant les possibilités. Le premier et principal apport de la thèse sera de passer les équations en 3D. La prise en compte de l’ensemble des effets tridimensionnelle permettra une meilleure compréhension des conditions entraînant une perte de contact.

La géométrie de la caténaire à l’état statique est quelque chose de connu de la littérature et apportera une première vérification du modèle développé. Une attention particulière a été portée sur le calcul de la longueur des pendules et sur le respect de la flèche du fil de contact en milieux de portée. Le pantographe sera lui modélisé par un équivalent masse-ressort à 3 étages. Des modèles multi-corps existent mais ne semblent pas pertinents dans ce cadre d’application.

La complexité commence avec l’arrivée du contact entre les deux modèles. Le plus commun est d’utiliser une raideur de contact avec la méthode de pénalisation. D’autres solutions existent et seront étudiées. Un modèle de frottement, oublié dans la littérature, devra également être ajouté.

Une modélisation entièrement 3D, un modèle de contact-frottant, des configurations inédites de fonctionnement tridimensionnels, le traitement des signaux obtenus et finalement la mise en avant des phénomènes 3D permettront de combler un vide scientifique sur la compréhension du contact pantographe-caténaire.

*Intervenant

Mots-Clés: Contact, Caténaire, Non, linéaire

Discrétion acoustique d'un drone

Pierre Bagnara ^{*}, Angel Scipioni ¹, Philippe Leclaire ²

¹ Groupe de Recherche en Energie Electrique de Nancy (GREEN) – IUT de Longwy – IUT de Longwy,
186 Rue de Lorraine, BP 90041, 54401 Longwy, France

² Institut Supérieur de l'Automobile et des Transports – Université de Bourgogne – Université de
Bourgogne - 49, rue Mademoiselle Bourgeois BP 31 - 58027 Nevers cedex, France

Depuis 2019, le Centre de Recherche de l'Ecole de l'Air (CREA) développe un drone aérien à pile à hydrogène nommé " RAPACE ". Ce drone à voilure fixe d'environ 6m d'envergure est un démonstrateur visant à étudier l'usage des piles à combustible dans un vecteur militaire. Sa conception est orientée vers la discrétion dans la majorité des domaines : radar, acoustique, thermique et chimique.

Par l'utilisation d'un moteur électrique dans le système de propulsion, le drone " RAPACE " se montre déjà plus silencieux qu'un drone équivalent à moteur thermique (solution la plus utilisée pour ce gabarit), cependant le bruit d'origine aérodynamique autour de l'hélice reste détectable depuis le sol. Dans les composantes principales du spectre audio du drone, on trouve essentiellement des basses fréquences liées à la vitesse de rotation du moteur et ses multiples entiers. La réduction passive de bruit embarquée montre alors ses limites pour atténuer la signature acoustique du drone par rapport aux contraintes d'encombrement et de masse inhérentes à un véhicule aérien.

Cette thèse explore donc l'implémentation de la réduction active de bruit comme système embarqué sur un drone afin de minimiser sa signature acoustique.

La réduction active de bruit est déjà largement étudiée dans la littérature scientifique et utilisée dans de nombreux systèmes, notamment dans l'objectif d'isoler un point d'écoute bien défini par rapport au bruit ambiant. Dans cette thèse, la démarche consiste à atténuer une source de bruit localisée dans un environnement ouvert.

Les travaux combinent une étude algorithmique sur les méthodes de traitement du signal utilisées dans la réduction active de bruit, la conception et la fabrication du système embarqué, et les mesures expérimentales au cours d'essais en vol.

Mots-Clés: Drones, Acoustique, Réduction active de bruit

*Intervenant

Analyse spectrale des signaux tip timing

Khadija El Khabbazi * ¹

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

La certification des turbomachines exige de démontrer leur tenue en vibrations. Les pales en rotation sont soumises à des excitations induites par les irrégularités du flux aérodynamique qui peuvent conduire à des phénomènes critiques tels que la résonance ou le flutter.

Le Blade Tip-Timing (BTT), basé sur un ensemble de capteurs optiques, permet de mesurer sans contact les vibrations à l'extrémité des pales. Cependant, l'exploitation des signaux BTT demeure délicate en raison de leur sous-échantillonnage et de leur non-uniformité. Les méthodes spectrales classiques se révèlent souvent inadaptées face à ces contraintes.

L'objectif de ce travail est donc de proposer et d'évaluer des méthodes alternatives d'analyse spectrale capables de tirer parti de signaux présentant ces caractéristiques particulières, afin d'améliorer l'estimation fréquentielle et la détection de phénomènes vibratoires.

Mots-Clés: Blade Tip timing, Vibrations, Analyse spectrale

*Intervenant

Modèle vibro-acoustique équivalent de structures multicouches à interfaces imparfaites non linéaires

Antoine Demiquel * ^{1,2}, Emmanuel Gourdon ^{2,3}, Kerem Ege ¹

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

² Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Ecole Centrale de Lyon, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Laboratoire Genie Civil et Bâtiment (LGCB) – École Nationale des Travaux Publics de l'État [ENTPE] – 3 Rue Maurice Audin 69518 Vaux-en-Velin Cedex, France

Les structures mécaniques multicouches sont des matériaux composites fabriqués par l'empilement de différentes couches, chacune présentant des propriétés mécaniques et physiques intrinsèques. Ces structures présentent un grand intérêt puisqu'elles permettent d'optimiser les performances du système en tirant parti des caractéristiques spécifiques de chaque couche. Il en résulte des matériaux qui absorbent efficacement le son tout en restant légers ou des structures à la fois flexibles et résistantes. Puisque ces structures peuvent être soumises à des excitations de forte amplitude, l'étude de leur comportement non linéaire représente un domaine de recherche pertinent et prometteur, encore relativement peu exploré.

Dans ce travail, nous développons un modèle vibro-acoustique équivalent de structures multicouches à interfaces imparfaites non linéaires. La structure multicouche est modélisée suivant un modèle Zig-Zag qui permet à travers les conditions de continuité entre les différentes couches, continuité des contraintes et discontinuité des déplacements aux interfaces, de relier les variables cinématiques des couches successives à partir d'une couche de référence. En plus de réduire le nombre d'inconnues cinématiques du modèle, chaque couche conserve une description indépendante. A travers un modèle de plaque mince équivalente de Kirchhoff-Love il est possible d'obtenir un module de rigidité en flexion équivalent fréquentiellement dépendant.

Enfin, les mesures du champ de déplacement transverse par vélocimétrie laser, combinées à l'analyse CFAT (Corrected Force Analysis Technique), montrent que le comportement dynamique d'une poutre tricouche à interface imparfaite varie selon le niveau de contrainte appliqué. Cela s'observe par un changement des propriétés mécaniques équivalentes de la structure, en particulier une évolution du paramètre équivalent de rigidité en flexion, traduisant du comportement non linéaire des interfaces. Cette méthodologie a permis de caractériser expérimentalement le comportement non linéaire de poutres tricouches verre-époxy-verre soumises à des niveaux d'excitation variables.

Mots-Clés: Vibroacoustique, Modèle équivalent, Non linéaire, Poutres tricouches, CFAT, Vélocimétrie laser

*Intervenant

Application de la méthode de résolution inverse aux membranes couplées à un fluide

Anaïs Mougey ^{*} ^{1,2}, Olivier Robin ², Manuel Melon ¹

¹ Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans – Le Mans Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Centre de Recherche Acoustique-Signal-Humain, Université de Sherbrooke – Canada

La méthode de résolution inverse - RI, ou *force analysis technique*, est une méthode d'identification qui exploite directement l'équation du mouvement d'une structure pour résoudre un problème inverse, en identifiant explicitement la force à l'origine du mouvement. Initialement développée par Pézerat et Guyader en 1995, cette méthode a été largement appliquée à l'identification de sources sur diverses structures rigides (plaques, poutres, coques). Son utilisation sur des membranes reste cependant limitée, en raison de la difficulté à les instrumenter avec des capteurs physiques compte tenu des très faibles épaisseurs et masses en jeu dans ce cas. Les membranes présentent également un couplage fort avec le fluide environnant, même pour l'air, ce qui les rapproche du comportement des plaques immergées dans un fluide dense. Dans ce travail, nous proposons d'adapter la méthode de résolution inverse pour intégrer ce couplage fluide-structure, afin d'étendre son application à l'identification de sources sur des membranes. La méthode RI est combinée à des techniques de mesure vibratoire de plein champ et sans contact, offrant au final de nouvelles perspectives pour la reconstruction de chargement sur ce type de structure.

Mots-Clés: membrane, méthode inverse, couplage fluide, identification de chargements

*Intervenant

Analyse modale du bruit tonal des turbomachines en décélération : compromis entre repli spectral et mauvais conditionnement

Muhammad Nabil Albezzawy * ¹

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

La décomposition modale du bruit tonal des turbomachines en phase de décélération est rendue difficile par le caractère non stationnaire du régime. Après **démodulation** pour isoler l'harmonique d'intérêt, le signal est projeté sur la base modale. Un compromis fondamental apparaît alors. Avec un réseau de capteurs **uniforme**, la base est orthogonale et la décomposition se réduit à une simple DFT. Cependant, les ordres supérieurs à la moitié du nombre de microphones se replient dans la bande de Nyquist, provoquant de l'**aliasing** par duplication des colonnes du dictionnaire. Avec un réseau **non uniforme**, cette périodicité disparaît et il devient possible d'**étendre la gamme des ordres modaux récupérables** au-delà de la limite de Nyquist. En contrepartie, l'orthogonalité est perdue, le dictionnaire devient mal conditionné et l'inversion instable et sensible au bruit. Pour traiter ce compromis, je compare trois approches : la DFT (robuste mais limitée par Nyquist), la **pseudoinverse** (qui permet d'étendre la gamme modale mais reste instable), et l'**OMP** (sélection parcimonieuse dans des dictionnaires corrélés). J'introduis enfin la méthode **MCR**, qui exploite la structure de corrélation pour stabiliser l'extraction modale. Les résultats montrent que la MCR atténue à la fois l'aliasing et le mauvais conditionnement, et fournit des cartographies modales plus fiables du bruit tonal en régime de décélération.

Mots-Clés: Analyse modale, Bruit tonal, Turbomachine, Décélération, Repli spectral, Mauvais conditionnement, DFT, Pseudoinverse, OMP, MCR

*Intervenant

Synthèse audio pour le prototypage virtuel de guitare en matériau architecturé basé sur une modélisation hybride analytique & numérique

Victor Piton * ^{1,2}, Kerem Ege ¹, Jean-Loïc Le Carrou ², Quentin Leclère ¹

¹ Laboratoire Vibrations Acoustique – Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Lyon – France

² Equipe LAM / Institut Jean Le Rond d'Alembert – CNRS : UMR7190, Sorbonne Université UPMC
Paris VI – France

Depuis deux décennies, plusieurs travaux de recherche ont proposé des modèles physiques permettant le prototypage virtuel d'instruments de musique. Ces études visent à soutenir l'industrie musicale dans sa recherche d'instrument nouveaux ou alternatifs, notamment pour répondre à des enjeux de durabilité de plus en plus contraignants. Le travail présenté ici s'intéresse au cas particulier du prototypage de guitares acoustiques alternatives, dont les tables d'harmonie sont conçues en matériau architecturé. Un modèle hybride basé sur des formulations semi-analytiques pour le chevalet et les cordes, et numériques pour la table d'harmonie est proposé. Le couplage entre sous-structures est formulé à l'aide du formalisme Udwadia-Kalaba modal. Des sons rayonnés par le prototype sont synthétisés et analysés par méthodes spectrales, FFT, spectrogrammes, en vue d'ultérieures évaluations perceptives.

Mots-Clés: Prototypage virtuel, Vibroacoustique, Sous structuration

*Intervenant

Isolation vibratoire à base d'élastomères magnétorhéologiques

Emre Cavdar ^{*} ^{1,2}, Emeline Sadoulet-Reboul ³, Gaël Chevallier ⁴, Laurent Hirsinger ³, Eric Collard ⁵, Charles Arnould ⁵, Emmanuel Bachy ⁵

¹ FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, institut FEMTO-ST (UMR 6174), F-25000 Besançon, France – France

² Thales LAS France – Thales LAS France, 2 avenue Gay Lussac, 78990 Elancourt, France – France

³ FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, institut FEMTO-ST (UMR 6174), F-25000 Besançon, France – France

⁴ École de l'Air et de l'Espace – École de l'Air et de l'Espace, CREA, Chemin de Saint Jean, 13661 Salon de Provence AIR, France – France

⁵ Thales LAS France – Thales LAS France, 2 avenue Gay Lussac, 78990 Elancourt, France – France

Les élastomères magnétorhéologiques (EMR) sont des matériaux intelligents composés d'une matrice élastomère souple dans laquelle sont dispersées des particules ferromagnétiques douces ou dures. Les propriétés viscoélastiques des composites obtenus à partir de poudre de fer doux varient sous l'application d'un champ magnétique extérieur. Cet effet magnétorhéologique, à la fois instantané et réversible, est exploité dans ce projet de recherche afin de développer des isolateurs vibratoires à raideur variable pour des applications en contrôle adaptatif.

Les travaux actuels concernent la conception d'un isolateur à EMR doux et à noyau de fer bobiné, ainsi que l'étude de son comportement dynamique. Le dispositif comprend des élastomères sollicités en cisaillement pour certains, et en compression pour d'autres, afin d'atténuer les vibrations en configuration uniaxiale. Des simulations numériques magnéto-mécaniques ont été menées pour investiguer les performances de la conception proposée, et une campagne expérimentale a permis d'identifier des propriétés de l'EMR et de quantifier les performances de l'isolateur. Les résultats d'essai confirment qu'il est possible de piloter la rigidité du matériau en modifiant le champ magnétique, et donc de modifier la fréquence de coupure de l'isolateur.

Mots-Clés: Contrôle vibratoire, Couplage magnéto, mécanique

*Intervenant

Application des plaques microperforées à la réduction du bruit de roulement - cas du passage de roue d'un véhicule

Robin Mafféïs * ¹, Judicaël Picaut ¹, Ruben Pico ²

¹ Unité Mixte de Recherche en Acoustique Environnementale – Université Gustave Eiffel – France

² Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de Zonas Costeras [Universitat Politècnica de València] – Espagne

Le bruit routier est la source de bruit impactant le plus à ce jour la santé humaine dans les environnements urbains. La plus grande part de ce bruit provient de l'interaction entre le pneu et la route et est amenée à être de plus en plus prépondérante avec l'électrification des véhicules. De ce fait, il est nécessaire de proposer des moyens de réduction de bruit adaptés à ce type de bruit. Les solutions classiques ayant des limites physiques, notamment dans le domaine des basses fréquences, l'emploi de métamatériaux offre une nouvelle approche dans la lutte contre cette source de bruit. L'essentiel des travaux portant sur l'application des métamatériaux au bruit de roulement s'étant focalisé sur la réduction du bruit à l'intérieur du véhicule, ce travail explore les solutions concrètes d'amélioration de réduction du bruit extérieur. Dans ce but, une solution basée sur l'utilisation de plaques microperforées dans le passage de roue d'un véhicule est proposée. Dans un premier temps, une optimisation des paramètres géométriques d'un métamatériau est réalisée à l'aide d'un algorithme par essais particuliers. Puis dans un second temps, le métamatériau optimisé est implémenté dans un modèle numérique d'un passage de roue d'un véhicule. Enfin, la réduction de bruit associée à ce traitement est obtenue par couplage entre éléments finis et éléments de frontière afin d'évaluer le rayonnement sonore à une distance de 7,5 m.

Mots-Clés: bruit de roulement, métamatériaux, plaque microperforée, optimisation, acoustique environnementale

*Intervenant

Nanocomposite-based Sensor for Tightness Loss Detection

Eduardo Preto ^{*} ^{1,2}, José Antonio Malmonge ³, Gaël Chevallier ^{4,5}, Samuel Da Silva ⁶

¹ São Paulo State University - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira- Mechanical Engineering –
Brésil

² Centre de recherche de l'Ecole de l'air et de l'espace – Centre de recherche de l'Ecole de l'air et de
l'espace, Ecole de l'air et de l'espace, F-13660 Salon-de- Provence, France – France

³ São Paulo State University - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira- Physics and Chemistry – Brésil

⁴ Centre de recherche de l'Ecole de l'air et de l'espace – Centre de recherche de l'Ecole de l'air et de
l'espace, Ecole de l'air et de l'espace, F-13660 Salon-de- Provence, France – France

⁵ FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, institut FEMTO-ST (UMR 6174), F-25000
Besançon, France – France

⁶ São Paulo State University - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira- Mechanical Engineering –
Brésil

Bolted joints are widely used in various engineering structures due to their simplicity of assembly, reliability, and structural damping properties. On the other hand, the loss of tightness in bolts compromises structural safety and can lead to catastrophic failures. In this context, this work presents a novel approach to identifying bolt torque loss using measurements from piezoresistive nanocomposite sensors. This sensor is composed of natural rubber reinforced with carbon nanowires and carbon nanoparticles, the latter being responsible for introducing conductivity into the nanocomposite, depending on the amount added. When the nanocomposite is subjected to compression or tensile loading, its conductivity changes due to alterations in the nanofiller arrangement, resulting in a variation in the measured electrical resistance that depends on the loading level. This material was characterized to validate its piezoelectric properties and then made into washers to be attached to the bolts of the bolted joint. The sensor was tested in two bolted joint configurations: bolts arranged in one direction and bolts arranged in two directions. It was found that compression deformation at the joint significantly alters the electrical resistance of the sensor as a function of the torque level. In both cases, the sensor demonstrated the ability to detect variations in torque levels, even when installed on bolts that did not experience torque loss. In addition, the sensor was evaluated dynamically, showing that for certain critical frequencies it introduces damping, assisting in energy dissipation and maintaining bolt tightness. This novel approach offers advantages because it reduces costs for sensing, acquisition, processing, and signal diagnosis, and provides greater sensitivity to torque variation when compared to traditional methods.

Mots-Clés: Nanocomposite Sensor, Structural Health Monitoring, Bolted Joint

^{*}Intervenant

Simulation multicorps de freins aéronautiques vis-à-vis de l'instabilité induite par frottement de Whirl

Lucas Dujardin * ¹, Jean-Jacques Sinou ¹, Sébastien Besset ¹, Louis Jezequel, Abdelbasset Hamdi

¹ Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Ecole Centrale de Lyon, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, Centre National de la Recherche Scientifique – France

La stabilité des freins aéronautiques est généralement évaluée par la méthode d'analyse modale complexe (CMA). Cette méthode bien que donnant rapidement une idée sur la stabilité du système, présente des inconvénients : elle linéarise le système et ne permet pas d'accéder aux niveaux vibratoires. De plus, le modèle éléments finis utilisé pour l'analyse modale complexe comporte des millions de degrés de liberté, ce qui rend les calculs transitoires bien trop longs pour une utilisation industrielle. Accéder aux niveaux vibratoires par simulation est important pour s'assurer de la conformité du frein vis-à-vis des seuils de niveaux vibratoires imposés par les avionneurs, mais aussi pour pré dimensionner des solutions antivibratoires. Les thèses précédentes ont montré qu'il était possible d'obtenir les niveaux vibratoires du système non linéaire de frein dans des temps raisonnables, grâce à une approche de réduction de modèle, puis à l'ajout de non-linéarités pour saturer de manière réaliste les niveaux vibratoires. Les objectifs de cette thèse sont de réduire les hypothèses de modélisation, d'obtenir des réponses temporelles mieux corrélées avec les essais et d'explorer des solutions antivibratoires. Un logiciel multicorps est utilisé pour assembler un modèle condensé de frein incluant les non-linéarités (contacts, hydraulique, etc.). Le logiciel multi-corps permettra de réduire le nombre d'hypothèses simplificatrices du modèle condensé de frein actuel, développé en MATLAB lors des précédentes thèses. En particulier, la simulation multicorps permettra de mettre la roue en rotation par la prise en compte des grandes rotations, mais aussi de modéliser l'interaction pneu-sol grâce à un modèle de pneu non-linéaire.

Mots-Clés: simulation multicorps, dynamique non linéaire, réduction modale, frein aéronautique, instabilité, frottement

*Intervenant

Localisation de vibration dans les membranes avec résonances de masses concentrées : comment adapter la théorie du paysage ?

Aristide Leborgne * ¹, Xinmiao Ye ¹, Nicolas Dauchez ¹, Gautier Lefebvre ¹

¹ Université de Technologie de Compiègne – Roberval (Mechanics, energy and electricity), Centre de recherche Royallieu - CS 60319 - 60203 Compiègne cedex, France – France

La localisation des vibrations, phénomène résultant d'interférences multiples qui inhibent la propagation dans un milieu désordonné, se traduit par l'apparition de modes spatialement localisés. Aux basses fréquences, lorsque la localisation est induite par des hétérogénéités de type zones bloquées, le paysage de localisation permet une analyse déterministe : il prédit les fréquences et les zones de localisation des modes à partir d'un simple calcul statique. En revanche, lorsque la localisation intervient à haute fréquence, notamment en présence de résonateurs locaux, le paysage classique ne fournit plus d'information prédictive.

Nous prenons comme point de départ l'étude des membranes avec masses concentrées, jouant le rôle de résonateurs locaux.

L'introduction d'une masse dans la membrane entraîne un phénomène de veering des fréquences propres ; pour un contraste suffisamment fort, le couplage entre masse et membrane devient faible et, au-delà de sa fréquence de résonance locale, la masse se comporte comme quasi-immobile au voisinage du premier mode propre de la membrane homogène.

Cette quasi-immobilité constitue le mécanisme qui induit la localisation ; la masse peut alors être remplacée par une zone bloquée, et le paysage classique, appliqué sur la membrane ainsi modifiée.

Notre approche consiste à identifier itérativement les masses quasi-immobiles, en vérifiant par des calculs statiques que leur fréquence de résonance locale est inférieure à celle du premier mode de membrane obtenu avec la masse bloquée.

Ce processus converge vers une prédiction statique des fréquences et des zones de localisation des modes à haute fréquence.

Au-delà des membranes avec masses concentrées, la démarche se veut générale et transposable à d'autres types de résonateurs concentrés et à d'autres structures vibratoires.

Cette étude ouvre, à notre connaissance, la première piste vers une approche prédictive expérimentale de la localisation à haute fréquence induite par des résonateurs locaux, sur la seule base d'une connaissance limitée du système étudié.

Mots-Clés: Localisation des vibrations, Paysage de localisation, Veering, Résonateurs locaux, Masses concentrées, Membrane

*Intervenant

Surveillance de transmissions mécaniques à engrenages par analyse de la vitesse instantanée

Tanguy Yvon ^{*} ¹, Hugo Andre ¹, Quentin Leclerc ², Didier Remond ³

¹ Laboratoire d'Analyse des Signaux et des Processus Industriels – Université Jean Monnet - Saint-Etienne, Université Jean Monnet [Saint-Etienne] : EA3059 – France

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

³ Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5259 – France

La surveillance des transmissions mécaniques dans des environnements contraints constitue un enjeu crucial pour la fiabilité des systèmes industriels et la sécurité. Les architectures à engrenages, caractérisées par leur compacité, leur cinématique complexe et les fortes sollicitations mécaniques qu'elles subissent, illustrent parfaitement les difficultés rencontrées pour l'analyse et la surveillance de ces systèmes.

Depuis plus de cinquante ans, l'analyse vibratoire constitue la méthode de référence pour la surveillance des systèmes mécaniques. Bien qu'elle soit largement adoptée dans l'industrie, ses performances se dégradent dans des environnements complexes et bruités, où la contribution simultanée de plusieurs sources, l'atténuation des signatures de défaut, le bruit ambiant et les conditions de fonctionnement non stationnaires compliquent l'extraction d'informations pertinentes.

Au cours des vingt dernières années, l'analyse de la vitesse angulaire instantanée (Instantaneous Angular Speed) a émergé comme une approche prometteuse. Présentant une alternative à la voie de transfert entre le système étudié et le capteur, elle permet de capturer des informations plus directement liées au fonctionnement, avec moins de traitement et une meilleure sensibilité aux défauts. Initialement développée dans le milieu académique, elle est progressivement transférée à l'industrie.

Cependant, la mise en œuvre d'un système de surveillance basé sur l'IAS dans des conditions réelles demeure un défi. L'étude de la combinaison de différentes méthodes de surveillance et le développement de techniques d'analyse avancées sont essentiels pour améliorer la détection précoce des anomalies et la prédiction des défaillances. L'IAS apparaît ainsi comme un outil complémentaire prometteur pour renforcer la fiabilité et l'efficacité de la maintenance prédictive. Ainsi, l'objectif de cette thèse est de développer et valider une méthodologie de surveillance innovante reposant sur l'IAS, en combinaison avec d'autres approches telles que l'analyse vibratoire, afin d'optimiser la détection des défauts et la prédiction des défaillances dans des transmissions mécaniques à engrenages soumises à des conditions opérationnelles réalistes.

Mots-Clés: Surveillance, Analyse, Transmission mécanique, Engrenage, IAS, Vibratoire, Bruit

^{*}Intervenant

Identifier un module d'Young complexe par PINNs avec une paramétrisation " bulles contiguës " sur une poutre d'Euler–Bernoulli

Maxime Auger * ¹

¹ Franche-Comté Électronique Mécanique, Thermique et Optique - Sciences et Technologies (UMR 6174) – Université de Franche-Comté, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6174, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard : UMR6174 – France

Nous cherchons à **retrouver les propriétés mécaniques locales** d'une poutre vibrante à partir de quelques mesures de déplacement, un problème inverse classique en vibro-acoustique. Plutôt qu'un réglage lourd de modèles éléments finis, nous utilisons des **réseaux de neurones informés par la physique (PINNs)**, qui intègrent directement l'équation du modèle. Comme la poutre comporte un **patch viscoélastique**, les propriétés varient brutalement et les approches naïves génèrent des ondulations non physiques. Nous proposons alors une **paramétrisation simple et interprétable**, dite " bulles contiguës ", qui encode l'idée de **plateaux** (acier/patch) séparés par des **transitions contrôlées**. Cette structure **stabilise l'identification** et fournit des champs de matériau **cohérents** tout en **reproduisant fidèlement** les mesures.

Mots-Clés: PINNs, problème inverse, module d'Young complexe, viscoélasticité, poutre d'Euler–Bernoulli, domaine fréquentiel, paramétrisation en bulles contiguës, patch viscoélastique

*Intervenant

Modélisation vibratoire des dégradations des roulements dans les moteurs d'avion : opportunités d'une approche multicorps

Raul Felipe Flores Hernandez ^{*} ^{1,2,3}, Christophe Oulerich ³, Adeline Bourdon ¹, Gaël Chevallier ², Emeline Sadoulet-Reboul ², Didier Remond ¹

¹ Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures – Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, LaMCoS, F-69621, France. – France

² FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, institut FEMTO-ST (UMR 6174), F-25000 Besançon, France – France

³ Safran Aircraft Engines – Safran Aircraft Engines, Rond-Point René Ravaud, 77550 Moissy-Cramayel, France – France

La surveillance des vibrations des paliers dans les moteurs d'avion est une partie fondamentale du cycle de vie de la machine. Elle permet de diagnostiquer et de prioriser les actions de maintenance nécessaires, tout en assurant un suivi en continu du système. Ainsi, de nombreuses méthodes de traitement du signal ont été développées pour l'identification de signatures caractéristiques d'endommagements. Cependant, la complexité des moteurs aéronautiques exige une compréhension plus approfondie des phénomènes physiques y intervenant. Dans ce contexte, la modélisation est une étape essentielle pour l'amélioration des techniques de diagnostic et une maîtrise complète du système.

Les paliers aéronautiques, généralement des roulements à billes et à rouleaux, sont soumis à des sollicitations extrêmes et des cycles de fatigue importants, qui peuvent dégrader les matériaux et provoquer des écaillages ou la rupture des composants internes. Un environnement contaminé peut aussi accélérer ce processus. Du fait de leur cinématique, les roulements génèrent des signatures fréquentielles spécifiques dont l'évolution, l'apparition ou la disparition témoignent de l'état de santé de la machine. Ces signatures dépendent également de l'architecture de la machine analysée.

L'objectif de ces travaux est de modéliser le comportement vibratoire de roulements sains et endommagés en créant des modules intégrables dans un solveur multicorps. Grâce à leur façon de traiter les équations du mouvement et les interactions entre les composants d'un mécanisme, ces solveurs optimisent les simulations et permettent d'augmenter la disponibilité de données simulées. Les travaux s'appuient sur les modèles semi-analytiques de roulements développés dans la littérature incluant des écaillages sur les bagues. Les signaux de vitesse angulaire et d'accélération obtenus permettront de mieux comprendre la physique associée, de faciliter la métamodélisation et serviront comme un outil d'entraînement d'algorithmes de surveillance.

Mots-Clés: Vibration, Roulements, Modélisation, Surveillance

^{*}Intervenant

Mise en évidence expérimentale de l'effet acousto-élastique pour l'estimation de contraintes résiduelles.

Yannick Yasothan * ¹, Pierre Margerit ¹, Olivier Castelnau ¹

¹ Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux – Conservatoire National des Arts et Métiers [CNAM], Centre National de la Recherche Scientifique, Arts et Métiers Sciences et Technologies
– France

Aujourd'hui encore, la mesure des contraintes résiduelles dans les pièces mécaniques est limitée par la nature même des méthodes d'estimations usuelles, qui nécessitent de connaître les propriétés matériaux. Dans ce travail, on propose de rompre ce verrou en utilisant l'acousto-élasticité qui lie les contraintes initialement présentes dans une structure à sa réponse dynamique. Cet effet peut permettre de mesurer les contraintes résiduelles indépendamment des lois constitutives.

Pour y parvenir, une étude préliminaire est menée sur une plaque chauffée localement. Les contraintes internes statiques générées par le gradient thermique sont estimées par un calcul éléments finis qui prend en entrée le champ de température de la plaque mesuré par thermographie infrarouge.

Durant la chauffe, la plaque est sollicitée dynamiquement. Sa réponse structurale, mesurée via un vélocimètre laser à balayage, sert à identifier la base modale de référence et à étudier l'évolution des fréquences propres de la structure durant la sollicitation thermique.

Une bonne correspondance est observée entre les fréquences modales théoriques, prédites depuis les images de thermographie, et les fréquences modales expérimentales. Ces résultats ouvrent la voie à la mise en place d'un problème inverse pour estimer les champs de contraintes.

Mots-Clés: Acoustoélasticité, Contraintes résiduelles

*Intervenant

Optimisation de l'épaisseur des laines végétales ignifugées pour des applications de confort intérieur acoustique et hygrothermique

Lucien Mutel * ¹

¹ Unité Mixte de Recherche en Acoustique Environnementale – Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement, Université Gustave Eiffel, École Nationale des Travaux Publics de l'État [ENTPE] – France

Les matériaux de construction biosourcés, tels que les laines végétales pour les applications thermiques et acoustiques, sont de plus en plus utilisés dans la construction. En effet, comme ils stockent le dioxyde de carbone atmosphérique, ils ont une empreinte carbone inférieure à celle des matériaux conventionnels. Malgré leurs propriétés multifonctionnelles de haut niveau, ils souffrent d'une faible absorption des basses fréquences pour les panneaux. Deux pistes d'optimisation existent alors : aux échelles macroscopique et microscopique.

A échelle macroscopique, les méta-matériaux sont souvent les plus efficaces. Une étude a donc été menée sur l'adaptation de ce concept aux spécificités des laines végétales, telle que la faible résistivité à l'air, et un prototype liant panneaux multicouches et double porosité a été créé, proposant ainsi une première amélioration de l'absorption acoustique des laines végétales.

A échelle microscopique, il paraît pertinent de s'intéresser à la haute hétérogénéité du milieu, notamment dans les diamètres de fibres. En effet, ces fibres ne sont pas calibrées, et présentent ainsi une polydispersité de rayon élevée, qui peut être décrite par une distribution de probabilité. Exploiter cette polydispersité a été démontré comme efficace pour améliorer l'absorption acoustique.

Cependant, afin de comprendre comment la polydispersité en rayon impacte l'absorption acoustique, une large étude sur la modélisation acoustique des matériaux fibreux a été menée. L'objectif était notamment d'identifier et adapter des approches et modèles analytiques aux spécificités des laines végétales. Plusieurs méthodes ont été déterminées comme pertinentes et servent aujourd'hui à l'effort d'optimisation.

L'objectif des recherches restantes est de lier les concepts d'optimisation et la modélisation afin, en premier temps, de théoriser un panneau de laine végétale à absorption acoustique plus compétitive, puis dans un second temps d'ouvrir la voie vers un prototype réel.

Mots-Clés: Acoustique, Laine végétale, Modélisation, Optimisation

*Intervenant

Modélisation des composants bogie de type caoutchouc-métal

Bilal Sabillah * ^{1,2}, Emeline Sadoulet-Reboul ¹, Gaël Chevallier ³, Eric Chatelet ⁴, Didier Remond ⁴, Nicolas Neveux ², Guillaume Ham-Livet ²

¹ UMLP, FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, institut FEMTO-ST (UMR 6174), F-25000 Besançon, France – France

² ALSTOM TRANSPORT SA – ALSTOM Transport SA, F-71200 Le Creusot – France

³ Centre de Recherche de l'École de l'air – Armée de l'air et de l'espace, École de l'Air et de l'Espace, CREA, Chemin de Saint Jean, 13661 Salon de Provence AIR, France – France

⁴ Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5259 – France

Sur un véhicule ferroviaire, la réduction des vibrations et des sollicitations induites par les chocs nécessite l'utilisation de composants constitués de parties en polymère (caoutchoucs ou polymères de synthèse) et en métal, de composants hydrauliques (amortisseurs), ainsi que de composants purement métalliques (ressorts hélicoïdaux) associés à des éléments en polymère. Ces composants présentent un comportement mécanique complexe, multiaxial, et non linéaire, dépendant de la fréquence, de l'amplitude de sollicitation, de la précharge, et de la température. Dans ce contexte, l'objectif des travaux de recherche est de proposer des modèles de comportement enrichis, et d'identifier les paramètres de ces modèles, afin de réaliser des simulations numériques permettant le dimensionnement en fatigue des structures métalliques. Les modèles seront intégrés dans un modèle de bogie de train, associant des éléments multi-corps pour l'intégration globale du bogie et des éléments finis pour la modélisation détaillée des structures. L'approche développée combinera ainsi une modélisation fine des composants à l'échelle locale, où les propriétés spécifiques des matériaux métalliques et en caoutchouc devra être prise en compte, et une modélisation plus globale à l'échelle du bogie.

Mots-Clés: Véhicule ferroviaire, Systèmes de suspension, Composants caoutchouc&métal, Comportement non linéaire, Comportement multiaxial, Modélisation multi corps, Éléments finis

*Intervenant

De la FEM classique à la PUFEM : continuité et perspectives pour la modélisation acoustique

Riccardo Iaccarino * ¹

¹ Université de technologie de Compiègne – Laboratoire Roberval de Mécanique, Centre de Recherches de Royallieu, 60203 Compiègne, France. – France

Dans le cadre de ma thèse de master, j'ai développé un modèle par la méthode des éléments finis (FEM) d'un tube de Kundt afin d'étudier les ondes acoustiques stationnaires se propageant dans le système. Ce modèle a servi de base à une stratégie de contrôle actif du bruit appelée "Dependent Modal Space Control" (DMSC), capable de manipuler la réponse du conduit dans le domaine fréquentiel. Basée sur les concepts théoriques de la FEM, la modélisation comprenait : la génération de matrices système, l'imposition de conditions aux limites et la validation des résultats numériques par rapport aux simulations COMSOL du modèle de tube, avec un accent particulier sur l'identification des fréquences propres. Des résultats raisonnables ont été obtenus avec la FEM, mais deux inconvénients majeurs sont apparus : la perte de précision aux fréquences élevées et le grand nombre d'éléments nécessaires pour obtenir des résultats acceptables. Ce dernier inconvénient a notamment entraîné une augmentation du temps de calcul associé au calcul de la matrice de contrôle du gain. D'autres stratégies pourraient être utilisées pour surmonter ces problèmes, l'une d'entre elles étant la méthode des éléments finis de partition de l'unité (PUFEM). C'est dans le cadre de mes travaux de doctorat à l'UTC que j'ai commencé à approfondir cette extension de la FEM traditionnelle, qui élargit l'espace d'approximation habituel grâce à l'introduction de fonctions "enrichies". Cette stratégie rend le modèle numérique plus efficace pour capturer le champ de pression du domaine d'intérêt, améliorant considérablement la convergence sans nécessiter l'utilisation d'un maillage excessivement fin. Cette méthode étant déjà reconnue comme une approche efficace pour la modélisation des poutres, des plaques et des problèmes d'interaction fluide-structure, la PUFEM présente un grand potentiel pour étendre les simulations acoustiques et vibroacoustiques haute fidélité à des géométries courbes plus complexes.

Mots-Clés: Modélisation numérique, FEM, PUFEM, simulation acoustique

*Intervenant

Sound Propagation on Ceramic Walls and Floors

Ozgur Taner Tugut * ¹

¹ Ozgur – Turquie

Phononic crystal which is made by periodic arrangement is designed artificially to manage acoustic, elastic waves or electrodynamic waves. Phononic crystals provide waves control in low-frequency by generating bandgaps which waves cannot propagate in this sub-wavelength scale. These bandgaps are produced by Bragg scattering and local resonances which can manipulate the longitudinal, transverse and flexural wave propagation. The bandgaps which is obtained due to Bragg scattering can be characterized by evaluating the frequency response in function of various wave number, which is also called the dispersion. This capability of phononic crystals to control sound and vibration inspires many future applications in acoustic performance of structures.

On the other hand, sound absorption with sub-wavelength is of great interest for acoustic design in architectural, industrial, and scientific applications. As mentioned before traditional methods use porous and fibrous materials by using the viscous and thermal dissipation to manipulate the sound wave propagation. Besides of traditional methods, acoustic metasurfaces and phononic crystals creates bandgaps in function of their parameters. However, these parameters can be restrictive for broadband absorption. For that reason, cavity twinning based on Helmholtz resonator can be applied to achieve broadband sound absorption. The idea of this concept is to integrate the Helmholtz resonator into the structures. Our work focuses on the sound mitigation of ceramic tiles, combining numerical and experimental results and also using the metamaterial principle, phononic crystal for the floors and Helmholtz resonator for the walls. First, it will start with ceramic floors by investigating bandgaps with the use of silicone joints to attenuate the wave transmission. Then, a sound absorption by using cavity twinning for wall procedure will be followed numerically, following the process of the impedance tube method according to the ISO standard, experimentally.

Mots-Clés: Acoustics, Metamaterial, Helmholtz Resonance, Sound Transmission

*Intervenant

Homogénéisation de plaques architecturées à partir de réponses harmoniques

François Fabre ^{*} ¹, Pierre Margerit ², Frederic Ablitzer ¹, Nathan Zwahlen ¹, Mathieu Secail-Geraud ¹, Alicia Deseille ³, Yvan Giro ³, Kerem Ege ⁴, Quentin Leclère ⁴, Jean-Loïc Le Carrou ⁵, Victor Piton ⁴, Claudia Fritz ⁵, Vincent Tournat ¹

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

² Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM) – CNRS - UMR8006, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) – France

³ Pôle Recherche et Innovation (ITEMM) – Institut technologique européen des métiers de la musique – France

⁴ Laboratoire Vibrations Acoustique (LVA) – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon – France

⁵ Institut Jean Le Rond d'Alembert (IJLRA) – CNRS : UMR7190, Sorbonne Université UPMC Paris VI – France

Plusieurs méthodes d'extraction des propriétés mécaniques ont été proposées dans la littérature. Parmi celles-ci, ces dernières années, l'analyse en vecteurs d'onde haute-résolution (HRWA) et la résolution filtrée fenêtrée corrigée (RIC/CFAT) ont montrés des résultats prometteurs dans une grande variété de plaque composites. Afin d'établir les forces et faiblesses de ces deux méthodes pour l'homogénéisation de plaques architecturées, un socle mathématique commun est présenté. Un benchmark est ensuite formé, à partir de données synthétisées et mesurées représentants des cas pratiques, pour différentes configurations telles que le rapport signal à bruit, le nombre de cellules unitaires et la position des sources. La qualité de l'extraction est ensuite évaluée à travers les propriétés mécaniques elles-mêmes ainsi que les surfaces de dispersion.

Mots-Clés: Homogénéisation, Plaque, HRWA, RIC, CFAT

*Intervenant

Investigating Phase Permutation Entropy for the Characterization of Roller Element Bearing Faults in Induction Machine by Vibro-Acoustic modalities

Elga Melissa Ossonemane Asseko ^{*}, Philippe Ravier, Emmanuel Attal, Meryem Jabloun ¹

¹ Laboratoire PRISME – Univ. Orléans, INSA-CVL, PRISME, EA 4229, F45072, Orléans, France – France

Reliable detection of common incipient faults in rotating machinery under varying speeds is essential for ensuring operational safety. To this end, this study investigates two signal modalities: acoustic and vibration signals-using a complexity measure known as Phase Permutation Entropy (PPE). The two signals were jointly acquired using microphone and accelerometer sensors, respectively, placed in proximity and direct contact with an engine test bench. The study was conducted under noisy environmental conditions and across varying rotating machine speeds. The motivation for employing PPE to analyze these two modalities is based on two key aspects. First, it is commonly acknowledged that faults induce torque variations, causing nonlinearities to propagate from the fault source to the sensors, manifesting differently across each signal modality. Classical signal processing techniques, such as the Hilbert transform-based envelope detector, highlight fault-related information in the modulation bands of these signals. These modulations consist of oscillating multicomponent signals with nonlinear, time-varying phases. In this context, PPE-an extension of permutation entropy (a well-known ordinal-based complexity measure) to analytic signal phases extracted using the Hilbert transform -offers a dedicated tool for capturing and quantifying signal phase structures. Furthermore, evaluating PPE across two different signals allows for a more comprehensive understanding of their relevance in distinguishing different types of faults.

By processing signals recorded from six types of roller bearings-one without faults and five with varying degrees of faults-the results show that PPE effectively differentiates and better characterizes fault severity compared to conventional methods.

Mots-Clés: Phase Permutation Entropy, Acoustic, Vibration analysis, Roller Bearing Fault, Vibro, Acoustic modalities.

^{*}Intervenant

Optimisation vibratoire d'un interféromètre à fibre optique

Eliott Breton ^{*} ¹, Cyril Desjouy ¹, Patrick O'donoughue ², Charles Pezerat ¹, Adrien Pelat ¹, Pierre Brochard ²

¹ Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans – Le Mans Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Silentsys – Silentsys – France

Ce travail porte sur l'optimisation vibratoire d'un interféromètre à fibre optique, dont les performances de détection peuvent être altérées par des excitations mécaniques ou acoustiques externes. Dans ce type d'interféromètre, le chemin optique est divisé en deux bras, dont l'un présente une longueur bien supérieure à l'autre. L'objectif de ce travail est de minimiser la différence de phase entre les deux chemins optiques, causée par des déformations mécaniques résultant de perturbations extérieures. La comparaison entre les résultats issus d'un modèle opto-mécanique analytique et ceux de mesures expérimentales effectuées sur une fibre rectiligne soumise à une charge longitudinale s'avère très prometteuse et ouvre la voie à l'exploration de géométries et de conditions de charge plus complexes. Une étude numérique portant sur une fibre encastrée dans une plaque permet notamment de mieux appréhender les phénomènes physiques en jeu dans un interféromètre et fournit une compréhension plus précise de la manière dont la trajectoire de la fibre doit être optimisée pour minimiser efficacement la différence de phase.

Mots-Clés: Interféromètre à fibre optique, différence de phase, vibrations, optimisation

*Intervenant

Matériaux architecturés : application aux tables d'harmonie de guitare acoustique

Nathan Zwahlen ^{*} ¹, Mathieu Chekroun ², Pierre Margerit ³, Frederic Ablitzer ⁴, Vincent Tournat ⁴

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

² Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM) – CNRS : UMR6613, Le Mans Université, CNRS UMR6613 – France

³ Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM) – Conservatoire National des Arts et Métiers [CNAM], Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8006, Arts et Métiers Sciences et Technologies, Centre National de la Recherche Scientifique – F-75013 Paris, France

⁴ Laboratoire d'Acoustique de l'université du Mans (LAUM) – CNRS UMR6613, Le Mans Université – France

Dans une guitare acoustique, la table d'harmonie tient un rôle prépondérant : elle influence majoritairement sur le timbre de l'instrument en plus de répondre aux contraintes mécaniques imposées par la structure. Pour remplir ces rôles, sa construction est bien établie : une fine plaque de bois au dos de laquelle est collé un ensemble de barres - le barrage - dont l'agencement dicte majoritairement son comportement vibratoire. Au sein du projet ANR MAESTRAFONE, nous proposons une construction différente, composée d'un tri-couches architecturé. Cette nouvelle vision permet l'utilisation de ressources différentes des classiques utilisés en lutherie (épicéa, cèdre...), ainsi que des procédés de fabrication non conventionnels dans le milieu (découpe laser). Ce nouveau paradigme ouvre ainsi la porte à de potentielles nouvelles sonorités dues aux nouvelles propriétés mécaniques atteignables par ces tables d'harmonie architecturées. La caractérisation numérique de telles structures est effectuée par méthode WFEM (Wave Finite Elements Method), méthode dérivée des éléments finis qui exploite la périodicité d'une structure pour extrapoler son comportement dynamique en n'étudiant que sa cellule unitaire. Une méthode permettant d'extraire des propriétés homogénéisées est présentée. Ces propriétés homogénéisées sont ainsi contrôlées par la géométrie des différentes couches pour arriver à émuler le comportement vibratoire en basse fréquence des tables d'harmonie classiques.

Mots-Clés: table d'harmonie, homogénéisation, matériau architecturé, plaque, guitare

^{*}Intervenant

Modélisation des instabilités vibratoires roue/rail en courbe : application au bruit de crissement

Jacobo Arango Montoya * ^{1,2,3}

¹ Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Ecole Centrale de Lyon, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Unité Mixte de Recherche en Acoustique Environnementale – Université de Lyon, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement, Université Gustave Eiffel – France

³ Vibratec – Vibratec, 28 Chem. du Petit Bois, 69130 Écully – France

Le crissement ferroviaire est un bruit émis par des véhicules guidés sur rail (trains, tramways, métros) dans des courbes de faible rayon. Il est de nature tonale et se caractérise par des niveaux de pression acoustique élevés. Mise à part la gêne occasionnée pour les passagers et les riverains, les forces de frottement à l'interface roue/rail à l'origine de ce phénomène peuvent entraîner d'autres problématiques telles que l'usure ondulatoire.

Selon un consensus scientifique, la principale cause de ce phénomène vibro-acoustique est l'angle d'attaque élevé entre l'axe de la roue et la direction tangente au rail. Cependant, ce paramètre est imposé par une inscription en courbe imparfaite et n'est pas facile à maîtriser par des solutions anti-bruit. Ces dernières sont par ailleurs difficiles à dimensionner car des verrous scientifiques empêchent les modèles existants de prédire le phénomène avec précision et dans de temps de calculs raisonnables.

Le principal objectif de la thèse est donc le développement d'une méthode de calcul et d'un modèle de crissement ferroviaire tels que les temps nécessaires pour l'obtention des vibrations des structures (liées aux niveaux de bruit rayonné) soient compatibles avec une logique de type ingénierie. Cela permettra également d'améliorer la compréhension physique du phénomène et d'évaluer l'efficacité des solutions anti-bruit.

Il s'agit d'une méthode fréquentielle non-linéaire qui vise à déterminer directement le régime stationnaire des vibrations auto-entretenues à l'origine du crissement et l'originalité réside dans l'utilisation des réceptances de roue et de rail condensées au point de contact. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont prometteurs et attestent de l'efficacité de la méthode. Les simulations restent néanmoins à corrélérer avec des mesures embarquées et au passage effectuées sur le réseau de tramway de Lyon.

Mots-Clés: Bruit ferroviaire, Bruit de crissement, Tramway, Modélisation, Contact roue/rail, Frottement, Instabilité vibratoire, Vibrations auto, entretenues, Dynamique non linéaire

*Intervenant

Experimental continuation with phase-locked-loop: parametric excitation, piezoelectric energy harvesting and friction

Hugo Fayolle * ¹, Charl  lie Bertrand ¹, Christophe Giraud-Audine ², Olivier
Thomas ¹

¹ Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques – Arts et Métiers Institute of
Technology – France

² L2EP - équipe électronique de puissance – Laboratoire d'électrotechnique et d'  lectronique de
Puissance - ULR 2697, Arts et Métiers Institute of Technology – France

Nonlinear system responses can present bifurcations, amplitude dependence and unstable parts. Therefore, experimental continuation methods are developed for the specific study of these systems. The phase-locked-loop (PLL) is an experimental continuation method using the phase difference between the studied system and the exciter. It allows, first, to stabilise the unstable part of the system response. In addition, the backbone curves can be obtained using phase resonance, leading to possible nonlinearities identification. The PLL applied to nonlinear mechanical systems has been the subject of much research recently. However, the tuning of the controllers often relies on the experimenter's experience.

In this work, a method is proposed for the tuning of the controllers based on a single parameter. It is tested on different systems, with several different nonlinearities. Firstly, the performance of a piezoelectric energy harvester is studied using phase resonance. An identification of the ferroelastic nonlinearities is also performed based on the backbone curves. Secondly, the frequency response curves of parametrically excited cantilever beams are also studied. Backbone curves obtained with a direct and a parametric excitation, including geometric nonlinearities, are compared for a same system. Finally, the effects of friction in a bolted joints are studied with the PLL. The backbone curves obtained for different tightening torques show the influence of the friction on the nonlinearities.

Mots-Clés: experimental continuation, phase locked loop, geometric nonlinearities, piezoelectric energy harvesting, friction

*Intervenant

Application de méthodes de caractérisation vibro-acoustique sur poutres de plâtre endommagées

Théodore Braule * ^{1,2,3}, Simon Chesné ², Kerem Ege ³, Quentin Leclère ³,
Xavier Brajer ¹, Sylvain Berger ¹, Matthieu Gallezot ¹, Sylvain Meille ⁴

¹ Saint-Gobain Recherche – SAINT-GOBAIN – France

² Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5259 – France

³ Laboratoire Vibrations Acoustique – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon – France

⁴ Matériaux, ingénierie et science [Villeurbanne] – Université Claude Bernard Lyon 1, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5510, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon – France

Saint-Gobain produit et distribue de nombreuses solutions de construction légère à base de plaques de plâtre (cloisons, doublages, plafonds...), qui contribuent notamment à l'amélioration du confort acoustique des espaces habités. L'idéal étant de concevoir des structures légères, rigides et optimisées pour offrir de hautes performances d'isolation acoustique, les exigences mécaniques et acoustiques apparaissent souvent comme contradictoires (en termes de raideur et de masse). En particulier, l'isolation acoustique des cloisons en plaques de plâtre vissées sur des montants chute lorsqu'elles sont allégées. Afin de préserver la performance du système, il convient alors de maîtriser les propriétés mécaniques de ses composants, notamment celles des plaques de plâtre. Dans cette contribution, plusieurs techniques expérimentales d'identification vibro-acoustique pour la caractérisation de structures sont appliquées à des poutres de plâtre. D'une part, la méthodologie Mesure d'Impédance Mécanique (MIM), utilisée dans l'industrie (normes ISO 16940 et NF EN 16703), est basée sur une approche modale. Cependant, cette méthode détermine les propriétés mécaniques équivalentes globales de la structure étudiée (module d'Young dynamique, facteur de perte), à quelques fréquences seulement. D'autre part, la méthodologie Résolution Inverse Corrigée (RIC), initialement développée au laboratoire LVA, apporte une information locale sur une large bande fréquentielle continue. Cette technique calcule les dérivées spatiales de l'équation du mouvement de la structure par schéma aux différences finies sur le déplacement transverse, mesuré sans contact au vibromètre. L'étude présentée dans cette communication se décompose en deux parties. Tout d'abord, sur échantillons sains, où les variabilités spatiale et fréquentielle des paramètres mécaniques équivalents de l'approche RIC sont quantifiées et comparées aux valeurs globales obtenues par l'approche MIM, qui servent de valeurs de référence. Ensuite, la méthode RIC est appliquée sur des poutres ayant subi un endommagement contrôlé, dont l'impact sur la variation locale des paramètres mécaniques équivalents est discutée.

Mots-Clés: caractérisation vibro, acoustique, plâtre, méthode inverse

*Intervenant

Une approche multiméthode de caractérisation dynamique de fibres individuelles pour des applications composites

Fanny Pelisson * ¹, Pauline Butaud ², Vincent Placet ³, Morvan Ouisse ⁴

¹ Univ. Bourgogne Franche-Comté, Institut FEMTO-ST CNRS/UFC/ENSMM/UTBM, Département mécanique appliquée – Université de Franche-Comté – France

² Univ. Bourgogne Franche-Comté, Institut FEMTO-ST CNRS/UFC/ENSMM/UTBM, Département mécanique appliquée – Université de Franche-Comté – 24 chemin de l'Épitaphe 25000 Besançon, France

³ Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique – Sciences et Technologies (FEMTO-ST) – FEMTO-ST Institute, UMR CNRS 6174, Université de Franche-Comté, DMA, 24 Chemin de l'épitaphe, 25000 Besançon, France – 1 rue Claude Goudimel, 25000 Besançon, France, France

⁴ Franche-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

Ces travaux visent à quantifier la contribution des fibres au comportement d'amortissement des composites. Le travail repose sur la caractérisation de fibres unitaires afin d'établir une base quantitative pour la modélisation multi-échelle. Une approche multiméthode a été mise en œuvre sur une large gamme de fréquences. L'analyse mécanique dynamique (DMA) et la nanoindentation ont été utilisées à basse fréquence pour sonder la réponse viscoélastique locale et le comportement mécanique microscopique des fibres. Des essais de vibration sous vide contrôlé ont permis de mesurer les propriétés de flexion et d'amortissement globales tout en minimisant les effets aérodynamiques. Enfin, la micro-spectroscopie Brillouin (micro-BLS) a fourni des mesures à haute fréquence du module et du facteur de perte, permettant d'explorer les interactions phononiques et les propriétés directionnelles des fibres à l'échelle du gigahertz. Cette combinaison de méthodes offre une caractérisation complète des propriétés mécaniques et d'amortissement, couvrant différentes échelles spatiales, gammes fréquentielles et conditions environnementales. Les résultats mettent en évidence des tendances marquées selon la nature des fibres. Les fibres inorganiques telles que le verre, le basalte et le carbone présentent la rigidité la plus élevée mais le plus faible amortissement, conséquence de leurs structures covalentes rigides limitant les mouvements internes. Les fibres végétales, comme le lin, le chanvre et l'ortie, présentent une rigidité intermédiaire mais un amortissement nettement supérieur, attribué à leur organisation hiérarchique de parois cellulaires et à la mobilité des microfibrilles. Les fibres polymères synthétiques se distinguent par un fort amortissement mais une rigidité plus faible, tandis que les fibres d'aramide offrent un compromis intéressant entre module élevé et amortissement significatif. Ces observations démontrent que les structures internes hiérarchiques ou partiellement ordonnées favorisent les mouvements internes et la dissipation d'énergie, éléments essentiels pour la réduction des vibrations dans les applications structurales.

Mots-Clés: Amortissement, fibre unitaire

*Intervenant

Application of Virtual Sensing in Rotodynamics with Probabilistic Surrogate Model

Guilherme Lacerda * ¹, Enora Denimal Goy ¹, Thiago Ritto ²

¹ Centre Inria de Saclay – Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique – France

² UFRJ/COPPE/PEM – Brésil

This work investigates a probabilistic surrogate model based on Probabilistic Neural Network (PNN) for virtual sensing applications in rotordynamics. When direct measurements cannot be performed at regions of interest within the machine, an accurate and fast virtual sensing technique becomes valuable for enhancing analyses and reducing maintenance costs. To this end, a PNN-based method is proposed to effectively predict vibration amplitudes at unmonitored points of the machine. Using numerical simulation data with parametric Uncertainty Propagation, generated by a finite element-based specialized rotor dynamics software, the PNN was trained as a surrogate model with probabilistic outputs to monitor the amplitudes in the X and Y directions of the rotor. To optimize the training process, only the maximum amplitudes in each axis of the elements and their corresponding phase angles, observed in the XY orbit, were used. With the proposed methodology, it becomes possible to infer the machine's dynamic behavior using only two physical sensors and operational information about the rotor seal. The method ensures stochasticity in the response, resulting in a more robust prediction. Consequently, the probabilistic surrogate model is able to account for uncertainties in the system, in the sensor responses, and in the seal's operating parameters. This approach significantly reduces the computational time required to obtain stochastic responses when compared to the commonly used Monte Carlo Simulation method. Moreover, the proposed method demonstrates better adaptability to the problem under study than Gaussian Process (GP) or Kriging approaches, which requires the computation of large correlation matrices, making it computationally expensive. Nevertheless, the proposed methodology achieves remote sensing of all rotor locations through a fast and lightweight training process, which is not feasible using GP. Furthermore, the ability to handle probabilistic weights and probabilistic outputs enhances the robustness of the approach when compared to deterministic Neural Network approaches.

Mots-Clés: Uncertainty Propagation, Rotordynamics, Virtual Sensing, Probabilistic Neural Network, Probabilistic Surrogate Model

*Intervenant

Caractérisation viscoélastique et optimisation du couple rigidité-amortissement de bio-composites pour le développement de pales d'éoliennes

Mohamed Amine Belahcen ^{*} ¹, Morvan Ouisse ¹, Vincent Placet ¹, Pauline Butaud ¹

¹ UMLP/FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon – France

Les composites à base de fibres de verre et de carbone présentent généralement de faibles capacités d'amortissement, entraînant des vibrations importantes susceptibles de dégrader les performances et d'endommager les structures. Ces limitations nécessitent souvent des solutions techniques lourdes, augmentant la masse et la complexité des systèmes. Les fibres végétales, comme le chanvre, offrent une alternative intéressante grâce à leurs meilleures propriétés d'amortissement et à leur faible impact environnemental, ouvrant la voie à leur utilisation dans des applications structurales telles que les pales d'éoliennes. Cependant, les composites biosourcés à base de fibres naturelles présentent un comportement mécanique non linéaire qui doit être compris et modélisé pour garantir leur intégration fiable dans des structures à haute performance.

L'objectif principal de cette étude est d'optimiser les performances d'amortissement structurel et le compromis rigidité/amortissement des composites biosourcés, tout en intégrant l'amortissement intrinsèque du matériau et son comportement non linéaire dans les règles de conception de structures pour des applications à haute performance, notamment les pales d'éoliennes. Une partie du travail a porté sur la caractérisation expérimentale des propriétés élastiques et d'amortissement de bio-composites à base de fibres de chanvre et de résine Elium, utilisés dans le cadre du projet européen SSUCHY-Next, afin d'obtenir une compréhension claire de leurs comportements et de préparer leur intégration dans les modèles numériques développés pour la suite de l'étude.

Mots-Clés: Composites biosourcés, Amortissement structurel, Comportement non linéaire, Optimisation

^{*}Intervenant

Modelisation of Acoustic Newtonian noise in Einstein Telescope caverns : Application to the design of HVAC systems

Lionel Maurin ^{*} ¹, Soizic Terrien ², François Gautier ², Matteo Barsuglia ³

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

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

³ AstroParticule et Cosmologie – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Observatoire de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

With 300 detections by the LIGO-Virgo-KAGRA network mid 2025 (1), gravitational astronomy has definitely begun. Current gravitational wave detectors are modified Michelson interferometer with kilometric arms. They can measure a gravitational strain (L/L) of 10–21. Nowadays, new detectors are under study, among those, the Einstein Telescope. This European project aims at improving the sensitivity of detection by an order of magnitude compared to what currently exists. To reach this goal, several sources of noise must be evaluated and reduced. One of those is Newtonian noise. Newtonian noise is generated by density fluctuations occurring near the mirrors of the detector. In the following sections, we aim at modeling Newtonian noise of acoustic origin in one of the Einstein Telescope's L configuration end caverns when the acoustic field is excited by a Virgo like air conditioning system.

Mots-Clés: Acoustic, Finite Elements, Gravitational Wave Detectors

^{*}Intervenant

Contrôle vibratoire d'une imprimante 3D à câbles avec transducteurs piézoélectriques

Thibault Garcia ^{*} ¹, Simon Chesné ², Didier Rémond ²

¹ Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – INSA Lyon, France – France

² Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5259 – France

La fabrication additive (FA) a connu un essor spectaculaire ces dix dernières années. Ce procédé permet de réaliser en petites séries des pièces à haute valeur ajoutée et de formes complexes. Le potentiel de la FA est très important, notamment dans les domaines de l'aéronautique et du médical. Par ailleurs, l'application de la technologie des Robots Parallèles à Câbles (RPC) pour l'impression 3D a vu le jour ces dernières années.

L'objectif du projet CABTIVE est d'accroître la précision des RPC pour l'impression 3D de pièces de tailles moyennes à travers le contrôle actif des vibrations de l'effecteur avec des transducteurs piézoélectriques embarqués sur les câbles. L'objectif est de garantir la qualité géométrique des pièces produites. Les stratégies de contrôle consistent en deux méthodes distinctes : le contrôle " colocalisé " et le contrôle à multiples entrées-sorties " quadratique linéaire ".

Une autre problématique est d'utiliser un modèle dynamique afin de prendre en compte l'évolution des paramètres modaux du robot lors de la trajectoire afin de maximiser et de garantir les performances lors de l'impression des pièces.

Afin de tester expérimentalement les concepts introduits, un RPC plan à 4 câbles est mis au point, permettant la validation expérimentale des concepts introduits. La réduction des vibrations de l'effecteur est effectivement atteinte pour des trajectoires simulant une impression 3D.

Mots-Clés: mécatronique, piézoélectricité, robotique, contrôle, vibrations

*Intervenant

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LES STRUCTURES ADAPTATIVES AVEC TRANSDUCTEURS PIEZOELECTRIQUES SHUNTES

Camille Martin * ¹, Maryne Febvre ², Manuel Collet ³, Kevin Billon ³

¹ Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5259 – France

² Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5259 – France

³ Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Ecole Centrale de Lyon, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, Centre National de la Recherche Scientifique – France

L'utilisation des smart structures ou structures adaptatives s'est largement développée durant ces dernières années pour des applications de récupération d'énergie ou de contrôle de vibrations. Ces structures comprennent des matériaux (smart materials) capables de répondre à des stimulations de différentes natures physiques, telles que l'électricité, créant alors des transducteurs piézoélectriques. Il s'agit de dispositifs pouvant générer une tension sous contrainte mécanique, et avec un effet réciproque. Leur utilisation couplée avec des circuits électriques permet de modifier le comportement vibratoire des structures (3). Cependant, le réglage des circuits, composées de résistances (2) ou/et capacités (1) en série, n'est pas sans difficulté, et plus encore lorsque les structures sont complexes.

C'est pourquoi, ce projet se propose d'introduire des outils d'intelligence artificielle pour réaliser un réglage automatique des valeurs des composants du circuit sur une structure expérimentale (4).

Il s'agit dans un premier temps d'observer les performances d'atténuations des shunts résistifs et résistifs à capacité négative en se basant sur la littérature afin de définir un niveau d'atténuation vibratoire de référence.

Le processus de Deep Reinforcement Learning sera utilisé afin d'apprendre à notre agent à régler les différents paramètres du shunt sur un modèle de la structure. Puis en utilisant les réglages fournis par l'agent entraîné, les performances d'atténuations seront mesurées sur le dispositif expérimental. Enfin, l'objectif sera d'avoir un shunt adaptatif, capable de se régler automatiquement sans intervention humaine. Cela rendrait alors possible la modification du comportement vibratoire de structures complexes équipées de multiples transducteurs piézoélectriques qui pourraient ainsi se corriger simultanément, sans déstabiliser le système global.

Mots-Clés: Intelligence artificielle, Deep Learning, Apprentissage par Renforcement, réseaux de

*Intervenant

neurones, transducteurs piézoélectriques, contrôle de vibrations

Neural Network-Based Surrogate Modeling for Railway Dynamics

Eyoel Atnafe * ^{1,2}, Emeline Sadoulet-Reboul ¹, Rafael Teloli ³, Guillaume Ham-Livet ², Joe Khalil ²

¹ UMLP, FEMTO – Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, Institut FEMTO-ST, , Besançon, F-25000, , France – France

² ALSTOM TRANSPORT SA – ALSTOM Transport SA, F-71200 Le Creusot – France

³ UMLP, SUPMICROTECH, FEMTO – Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, Institut FEMTO-ST, , Besançon, F-25000, , France – France

The design of railway vehicles increasingly demands rapid and reliable decision making tools to ensure the performance and safety of vehicles. Accurate modeling of train dynamics, particularly at the bogie level where safety and comfort are most critical, remains a major challenge throughout the verification and validation (V&V) cycle. In the early design phase, engineers must explore large parameter spaces to understand how bogie configurations and track irregularities influence dynamic behavior. Traditional multi-body simulations, while accurate, often requiring several days and are computationally expensive thus limiting sensitivity analyses and optimization. In the later phase, models must be updated and hybridized with data-driven approaches to capture phenomena not accounted for during tender design and to incorporate new component- or train-level data. This thesis proposes the integration of artificial intelligence, specifically artificial neural networks, into both phases of railway dynamics modeling. In the tender phase, surrogate models with slightly reduced fidelity but superior computational speed are going to be developed to provide rapid performance predictions. To demonstrate feasibility, a multi-layer perceptron (MLP) combined with principal component analysis (PCA) is implemented to model a 2-DoF spring-mass-damper system. Preliminary results, from a master's work, indicate a significant reduction in computational time with an acceptable level of accuracy. These findings lay the foundation for extending the approach to complex railway vehicle dynamics. In the validation phase, hybrid approaches combining physics-based and data-driven models will be explored to enhance accuracy and adaptability. The proposed framework aims to significantly reduce computational costs while improving predictive capability, supporting safer and more efficient railway vehicle design.

Mots-Clés: Railway Vehicle Dynamics, Neural Network, Surrogate model

*Intervenant

Model Inversion Control Enhanced by the use of Reinforcement Learning to target stable optimal acoustic impedance in electroacoustic absorbers

Arthur Diniz Flor Torquato Fernandes ^{* 1}, Leonardo Ferreira ¹, Emanuele De Bono ², Rafael Teloli ¹, Morvan Ouisse ¹, Giuseppe Petrone ², Sergio De Rosa ²

¹ FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon, France – France

² Università degli studi di Napoli Federico II – Italie

Electroacoustic absorbers are noise control devices composed of a loudspeaker surrounded by microphones. By sensing the pressure on the loudspeaker surface, a control algorithm adapts the loudspeaker's velocity to impose a specific acoustic impedance. Unlike traditional active noise control, which generates anti-noise to cancel sound, this technique focuses on shaping the acoustic behavior at the system boundary. One available approach is to control the current supplied to the loudspeaker to impose a target impedance. This impedance relies on the inversion of the loudspeaker model and the control of its effective parameters. The correct combination of these parameters ensures the desired acoustic impedance, while incorrect tuning can destabilize the system. Consequently, there exist unknown "safe" and "unsafe" regions of operation. This work explores the potential of reinforcement learning (RL) to identify these "safe" regions of operation and optimize sound absorption at specific frequencies. Reinforcement learning is a family of machine learning algorithms in which an agent learns to interact with an environment while optimizing its behavior to maximize a reward function over a time horizon. In this study, a custom Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) algorithm is developed to control electroacoustic absorbers. The agent learns to tune the system parameters for optimal noise absorption at a target frequency while maintaining stability. Results show that this tailored RL approach achieves faster convergence and improved performance compared to standard, off-the-shelf algorithms.

Mots-Clés: Impedance Control, Electro acoustic absorption, Reinforcement Learning, Machine Learning

*Intervenant

Experimental identification of the mechanical properties of elastomeric materials at high frequency and large strain

Catarina Barros ^{* 1}, Rafael Teloli ¹, Davide Colombo ², Morvan Ouisse ¹,
Gaël Chevallier ³

¹ Université Marie et Louis Pasteur – SUPMICROTECH, CNRS, institut FEMTO-ST, F-25000
Besançon, France – France

² Manufacture Française des Pneumatiques Michelin – Site de LADOUX, Clermont-Ferrand – France

³ Centre de Recherche de l'école de l'air – Armée de l'air et de l'espace, Armée de l'air et de l'espace,
Armée de l'air et de l'espace, Armée de l'air et de l'espace – France

Innovation in the tire industry is crucial to improve performance by reducing energy consumption, extending lifespan, and enhancing road safety. Key tire properties such as grip, wear, and noise depend on contact phenomena between the tread and the road. Contact mechanics is complex, involving material response to road roughness across scales from millimeters to micrometers. Each scale excites the material at different time scales, so macroscopic behavior depends on responses over a wide frequency range. In laboratory conditions, reaching these high frequencies in a controlled manner is difficult, making direct measurement of viscoelastic properties challenging.

Tread compounds are elastomers reinforced with nanometric fillers exhibiting viscoelastic and nonlinear behavior. Identifying their mechanical properties under realistic operating conditions is essential for tire design.

This PhD project aims to develop an experimental protocol to identify the nonlinear viscoelastic properties of filled polymers used in tire treads. The goal is to characterize materials over frequencies from 100 Hz to 1 MHz and strain amplitudes from 0.1% to 10%.

The main scientific challenges are measuring viscoelastic properties across wide frequency and strain ranges while managing self-heating effects. To address this, a controlled thermal environment and laser vibrometry will be used to capture full-field responses.

The experimental strategy divides the frequency domain into four zones: 100 Hz–5 kHz (Lot A), 1–12 kHz (Lot B), 5–100 kHz (Lot C), and 50 kHz–1 MHz (Lot D). Lots A and B use a shaker-excited sandwich beam, Lot C employs piezoelectric excitation, and Lot D will require a novel method based on elastic wave propagation in a periodic medium combining rigid and polymeric materials.

This work focuses on the project's objectives, proposed methodology, and expected outcomes, aiming to establish an experimental framework for characterizing the nonlinear viscoelastic behavior of filled polymers over a wide frequency range.

Mots-Clés: dynamic properties, high frequency, high strain, nonlinear viscoelastic

*Intervenant

Data-Driven Classification of Operational Failures in Wind Turbine Using Machine Learning

Amanda Aryda Sousa * ¹, Rafael Teloli ², Emmanuel Ramasso ³, Marcela Machado ⁴

¹ Institut FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon – France

² Institut FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, institut FEMTO-ST, F- 25000 Besançon, France, Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, Institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon, France – France

³ Institut FEMTO-ST – Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, institut FEMTO-ST, F- 25000 Besançon, France, Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, Institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon, France – France

⁴ University of Brasília – Brésil

Wind turbines are complex electromechanical systems that require continuous monitoring to ensure operational efficiency, reduce maintenance costs, and prevent critical failures. Machine learning has shown great promise in structural health monitoring (SHM) by enabling automated fault detection through data-driven approaches. However, challenges remain in adapting SHM methods to complex operational dynamics while maintaining reliable fault detection and classification performance. This work proposes a model that combines supervised and unsupervised learning techniques for classifying operational failure in wind turbine. The proposed framework integrates sensor data, including accelerometer measurements from two sensors, to monitor two distinct operational states: normal operation and rotor icing. The approach begins with signal analysis and feature extraction to capture the dynamic behavior of the turbine. An unsupervised k-means clustering algorithm is employed to label and group the dataset, followed by the introduction of a novel relative change damage index designed to normalize and scale features based on their relative variability. Finally, fault classification is performed using a Support Vector Machine. Experimental results demonstrate strong performance across binary classification tasks, including the detection of the accurate identification of rotor icing. The proposed model achieved a classification accuracy of 96.7%, highlighting its effectiveness in diagnosing wind turbine conditions and enhancing the overall reliability and operational analysis of these systems.

Mots-Clés: Wind turbine, machine learning, structural health monitoring, damage detection, support vector machine

*Intervenant

Influence de la régularisation pour la quantification de points chauds par holographie acoustique champ proche

Tomé Sadones-Oldakowski * ¹, Sandrine Rakotonarivo ¹, Emmanuel Perrey-Debain ², Jean-Daniel Chazot ², Florian Hugues ³, Valentin Meyer ³, Vincent Roggerone ¹

¹ LMA – LMA, Centrale Méditerranée, AMU – France

² Laboratoire Roberval – utc – France

³ Naval Group – Ololioules – France

L'évaluation du bruit rayonné des structures immergées par l'imagerie acoustique constitue un besoin important pour la maîtrise de la signature acoustique des plateformes navales. L'holographie acoustique est une méthode expérimentale d'imagerie qui permet de reconstruire le rayonnement acoustique et le comportement vibratoire des coques des navires. L'apparition des " points chauds ", qui rayonnent efficacement du bruit dans l'eau, peut être surveillée par l'indicateur "intensité acoustique supersonique". Ce dernier fournit un moyen quantitatif pour localiser et classer la contribution relative des points chauds vis-à-vis de la puissance totale rayonnée en supprimant les composantes non rayonnantes de l'intensité du champ proche. Cette étude analyse l'influence de la régularisation sur la qualité de la reconstruction du champ de pression appliqué pour l'indicateur intensité supersonique par la méthode classique NAH (Near-field Acoustic Holography) à partir de la mesure de la pression en champ proche. Deux méthodes de régularisation sont considérées : i) le filtrage exponentiel et ii) la régularisation bayésienne. Ces méthodes sont testées en simulation afin d'étudier leurs performances, en déterminant et en analysant les erreurs relatives de prédiction par rapport au champ théorique. Une validation expérimentale sur le cas académique de la plaque en air est réalisée dans le but de corroborer les résultats obtenus par la simulation.

Mots-Clés: Near field Acoustic Holography

*Intervenant

Conception et optimisation d'un oscillateur non-linéaire à un degré de liberté pour des méta-structures

Rafael Da S. Raqueti * ¹, Arthur Barbosa ¹, Najib Kacem ¹, Nouredine Bouhaddi ¹

¹ Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon, France – Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, Institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon, France – France

Le développement des méta-structures repose sur l'agencement d'éléments unitaires. Les interactions entre ces éléments confèrent à l'ensemble un comportement complexe mais performant, adapté à diverses applications telles que le contrôle vibratoire ou la localisation d'énergie. Ce travail de recherche porte sur la conception et l'optimisation, à la fois paramétrique et topologique, d'un oscillateur non-linéaire destiné à être intégré dans une méta-structure. L'oscillateur est conçu de manière à comporter différentes zones dédiées à des fonctions spécifiques, *e.g.*, le couplage entre les oscillateurs subjacents au sein de la méta-structure et l'ajustement individuel de leurs comportements vibratoires. Une analyse de sensibilité sera menée afin de déterminer les paramètres les plus influents sur le comportement vibratoire de l'oscillateur. Par la suite, les caractéristiques structurelles et le comportement vibratoire de l'oscillateur seront optimisés tout en minimisant sa masse. Le processus d'optimisation respectera des contraintes visant à garantir l'intégrité structurelle du composant sous certains niveaux d'accélération. Enfin, la méta-structure sera composée de plusieurs oscillateurs optimisés (éléments unitaires) disposés côte à côte, formant un assemblage compact. Cette conception permettra d'explorer différents états vibratoires en ajustant de manière simple et reproductible les caractéristiques des cellules, tout en préservant l'intégrité mécanique de l'ensemble.

Mots-Clés: Oscillateur non linéaire, Optimisation paramétrique, Optimisation topologique, Conception structurelle, Méta structure.

*Intervenant

Jumeau numérique temps réel pour l'estimation des forces au centre de roue sur véhicules de série

André Buckenmeyer * ¹

¹ Laboratoire QUARTZ – ISAE-Supméca Institut Supérieur de Mécanique de Paris – France

L'estimation précise des forces au centre de roue est indispensable pour le dimensionnement en fatigue des pièces du châssis, ce qui implique une connaissance approfondie des sollicitations réellement subies en conditions de roulage normal. Les méthodes actuelles reposent sur des véhicules d'essai équipés de roues dynamométriques, des capteurs coûteux et intrusifs, interdits sur routes publiques. Cette contrainte limite fortement la collecte de données en conditions réelles, d'où la nécessité d'une approche embarquée en temps réel pour assurer un suivi continu et représentatif des sollicitations.

La solution proposée repose sur la détection et la caractérisation des situations de vie du véhicule, où des modèles simplifiés peuvent fournir des reconstructions précises des forces.

Des études récentes *(1,2)* ont exploré des modèles à réponse impulsionnelle finie combinés à la régression Ridge, utilisant des accéléromètres embarqués et des capteurs de débattement de suspension pour estimer les forces verticales au centre de roue.

Cette recherche s'appuie sur ces modèles en introduisant une approche à double prédiction : les estimations sont validées à la fois par rapport aux valeurs prédites et aux signaux mesurés pour identifier la situation de vie actuelle du véhicule.

Actuellement, la précision des estimations est limitée par l'absence d'informations sur le chargement du véhicule (masse embarquée et position du centre de gravité) ainsi que sur l'état des suspensions, dont les paramètres évoluent avec le vieillissement. Ces incertitudes influencent les forces au centre de roue et ne sont pas corrigées par les approches classiques.

Pour améliorer la robustesse, il sera nécessaire de détecter ces variations et d'adapter les modèles afin qu'ils en tiennent compte, tout en étendant la prédiction aux composantes latérales (Y) et longitudinales (X).

L'objectif final est de déployer un jumeau numérique auto-calibrant en temps réel sur une plateforme embarquée.

(1) X. Zheng et al., *Data-Driven Sensor Selection for Signal Estimation of Vertical Wheel Forces in Vehicles*, Journal of Computing and Information Science in Engineering, 2023.

(2) Y. Wang et al., *Edge-computing based soft sensors with local Finite Impulse Response models for vehicle wheel center loads estimation under multiple working conditions*, Control Engineering Practice, vol. 133, 2023.

*Intervenant

Mots-Clés: Jumeau numérique

Prise en compte de la perte de passivité des absorbeurs électroacoustiques due aux variations de température à l'aide d'un modèle viscoélastique de matériau

Leonardo Ferreira * ¹

¹ Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon – Université Marie et Louis Pasteur, SUPMICROTECH, CNRS, institut FEMTO-ST, F-25000 Besançon – France

Dans le domaine du contrôle actif du bruit, les stratégies de commande basées sur la pression pour les absorbeurs électroacoustiques reposent sur les propriétés électromécaniques des haut-parleurs, connues sous le nom de paramètres de Thiele–Small, afin de mettre en œuvre une commande d'impédance. En raison du comportement viscoélastique des matériaux constituant les haut-parleurs, ces paramètres sont sensibles aux conditions environnementales, en particulier à la température. La présente étude examine l'influence de la température sur la commande d'impédance des absorbeurs électroacoustiques. L'impédance acoustique de plusieurs absorbeurs est mesurée sur une large plage de températures, et un modèle analytique est utilisé pour identifier la variation des paramètres de Thiele–Small en fonction de la température. Un cadre de caractérisation viscoélastique est ensuite proposé, intégrant les modèles de Zener fractionnaire, de Maxwell généralisé et de Maxwell fractionnaire généralisé. Ces modèles sont identifiés pour chaque absorbeur, puis comparés en termes de précision et de coût de calcul. Une approche généralisée, fondée sur une courbe normalisée obtenue à partir de plusieurs absorbeurs, est introduite afin d'estimer les paramètres d'absorbeurs inconnus. La loi de commande basée sur la pression est ensuite adaptée afin d'inclure des paramètres dépendants de la température, permettant ainsi d'évaluer leur influence sur la passivité des absorbeurs. Les résultats montrent que l'adaptation de la stratégie de commande, qu'elle repose sur des mesures directes ou sur des estimations issues des modèles, améliore la passivité acoustique globale des absorbeurs électroacoustiques.

Mots-Clés: Contrôle actif du bruit, Absorbeur électroacoustique, Passivité acoustique, Modèle viscoélastique, Paramètres de Thiele–Small

*Intervenant