

---

# Hélices et bruit rayonné dans l'eau : analyses expérimentales

Benoit Dasi\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés – Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), Conservatoire National des Arts et Métiers [CNAM] – France

## Résumé

Le bruit rayonné dans l'eau par les navires peut avoir des impacts significatifs sur l'environnement marin, en particulier la faune aquatique. Afin de minimiser ces nuisances, il est important de concevoir des outils de prédiction du bruit rayonné dès les phases amont de développement des navires. Des études menées par les Chantiers ont montré qu'il existe 3 sources principales de bruit rayonné dans l'eau des navires de commerce : les vibrations des structures sous l'effet des moteurs, l'écoulement turbulent autour de la carène, et la cavitation des hélices. L'étude présentée ici vise à améliorer la compréhension des phénomènes hydroacoustiques des hélices d'un paquebot, en s'appuyant sur des mesures de pression au-dessus de l'hélice, des images capturées par des caméras embarquées, ainsi que sur des relevés de bruit rayonné réalisés à l'aide d'un hydrophone.

Trois axes sont traités : l'analyse des schémas de cavitation (cavitation par poche), le développement d'une méthode d'estimation de la vitesse d'apparition de cavitation, et l'amélioration du calcul de bruit rayonné dans l'eau à partir de mesures " on-board " .

L'analyse des images et des signaux de pression permet d'évaluer le comportement hydrodynamique de l'hélice et de caractériser les différents types de cavitation. Plus spécifiquement, la cavitation par poche est considérée comme une source sonore de type monopôle acoustique. Grâce à une double intégration des mesures de pression, il est possible de calculer le volume de cavitation à chaque passage de pale. Cette approche pourrait également permettre de détecter l'apparition de la cavitation en utilisant un seuil volumique corrélé aux images de l'hélice.

Enfin, l'estimation du bruit rayonné repose sur les capteurs de pression situés au-dessus des hélices, en utilisant une méthode simplifiée proposée par DNV (Det Norske Veritas). Les résultats obtenus sont comparés aux mesures hydrophoniques, et une optimisation statistique d'un facteur de correction de la méthode DNV est réalisée.

---

\*Intervenant

---

# OPTIMIZATION OF ANNULAR ARRAY TRANSDUCERS FOR HIGH-PURITY SELECTIVE EXCITATION OF LAMB WAVES

Hao Dong<sup>\*1</sup>, Pierre Margerit<sup>\*1</sup>, and Marc Rébillat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arts et Métiers Institute of Technology, CNRS, CNAM, PIMM, HESAM Université, Paris, France –  
CNRS-PIMM, Arts et Métiers ParisTech, Paris – France

## Résumé

The field of structural health monitoring necessitates the selective excitation of Lamb wave modes in thin-walled structures, as single-mode propagation simplifies wave interactions with damages and boundaries, enhancing damage detection accuracy. While comb array electrodes have been extensively studied for selective excitation, existing tuning methods typically assume uniform width and spacing of the electrodes, limiting the achievable performance due to the few tunable parameters. Leveraging advanced printing technology, which allows the fabrication of electrodes in any shape on a flexible P(VDF-co-TrFE) piezoelectric substrate, this study investigates the potential for high-purity Lamb mode selection through numerical optimization of all geometric parameters of the array units. The results demonstrate that globally optimized annular array electrodes can achieve high-purity excitation of either the A<sub>0</sub> or S<sub>0</sub> mode. Further parametric studies explore the effects of the number and polarity of electrodes, signal center frequency, actuator dimensions, and plate thickness on performance.

---

<sup>\*</sup>Intervenant

---

# Utilisation des ondes de Lamb pour suivre la polymérisation d'une couche de résine époxy sur une plaque solide.

Etienne Dubois\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux – Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), CNRS, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) – France

## Résumé

L'utilisation de matériau composites à matrice organique prend une place de plus en plus importante dans de nombreuses industries. Pour répondre aux besoins grandissants, de nombreux moyens de fabrication se développent dont notamment une méthode particulièrement économe : l'infusion sous vide. Cependant, ce procédé demande à être optimisé, notamment sur la relation entre ses paramètres d'entrée et les caractéristiques des pièces en sortie. Ces travaux de thèse ont pour but d'estimer l'avancement de la polymérisation de la résine grâce au suivi de ses propriétés rhéologiques en temps-réel à l'aide de méthodes non-intrusives, ici des ondes de Lamb.

Cela passe d'abord par la construction d'un modèle pour le système du moule et de la pièce, simulés par une plaque solide isotrope recouverte d'une couche de fluide visqueux sur une face. Ce modèle sera confronté à des mesures plein champ effectuées par vibromètre, ainsi qu'à des données récoltées par des capteurs piézo-électriques sur la vitesse de propagation des ondes ou leur absorption dans le milieu.

Ce modèle réalisé sur la propagation des ondes de Lamb dans le système moule-résine sera alimenté par une étude préliminaire de la rhéologie de la résine sous différentes sollicitations en température afin de suivre l'évolution des lois de dispersion avec la transformation de la résine de son état liquide à solide. Des premières mesures au vibromètre laser réalisées sur des huiles de référence, puis sur la résine durant la polymérisation viendront ensuite valider le modèle construit.

Cette étude nous permet de proposer une méthode de suivi in situ et non intrusive du procédé afin de démocratiser les procédés de fabrications de pièces composites à différentes échelles d'industries, permettant de s'assurer de répondre aux critères de qualité et d'efficience des industriels.

---

\*Intervenant

---

# Equivalent plate mechanical parameters: Wide-band extraction methods comparison

François Fabre<sup>\*1</sup>, Pierre Margerit<sup>1</sup>, Frederic Letellier<sup>1</sup>, Kerem Ege<sup>2</sup>, Quentin Leclerc<sup>2</sup>, Celine Sandier<sup>2</sup>, Victor Piton<sup>2</sup>, Frederic Ablitzer<sup>3</sup>, Vincent Tournat<sup>3</sup>, Mathieu Checkroun<sup>3</sup>, Mathieu Secail-Geraud<sup>3</sup>, Alann Renault<sup>3</sup>, Nathan Zwahlen<sup>3</sup>, Claudia Fritz<sup>4</sup>, Jean-Loïc Le Carrou<sup>4</sup>, Romain Viala<sup>5</sup>, and Jérémy Cabaret<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM) – CNRS : UMR8006, Ecole National Supérieure d’Arts et Métiers (ENSAM) de Paris – France

<sup>2</sup>Laboratoire Vibrations Acoustique – Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Lyon – France

<sup>3</sup>Laboratoire d’acoustique de l’université du Maine (LAUM) – CNRS : UMR6613, Le Mans Université – France

<sup>4</sup>Equipe LAM / Institut Jean Le Rond d’Alembert – CNRS : UMR7190, Sorbonne Université UPMC Paris VI, CNRS : UMR7190, Sorbonne Université UPMC Paris VI – France

<sup>5</sup>Pôle Recherche et Innovation – Institut technologique européen des métiers de la musique – France

## Résumé

Several methods allowing extracting the structural parameters of an equivalent plate have been proposed in the literature. Among those, in recent years, the High Resolution Wavevector Analysis (HRWA), the Corrected Force Analysis Technique (CFAT) and the Frequency-Adapted Virtual Field Method (FAVFM) have shown promising results in a wide variety of composite plates. In order to highlight the strengths and weaknesses of these three methods, a common mathematical framework is presented. A benchmark is then assembled, based on modeled and experimental data representing practical cases, so that the quality of the extraction can be assessed, on the mechanical parameters directly and through dispersion curves, for different configurations including frequency/spatial inhomogeneity, noise sensitivity and source position. Finally, some guidelines are proposed for future users of these methods and prospects for improvement are discussed.

---

\*Intervenant

---

# Optimisation et contrôle de récupérateurs d'énergie vibratoire piézoélectriques, direct et paramétrique, avec non-linéarités géométriques

Hugo Fayolle\*<sup>1</sup>, Christophe Giraud-Audine<sup>2</sup>, and Olivier Thomas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) – France

<sup>2</sup>L2EP - Équipe Électronique de puissance – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) – France

<sup>3</sup>Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) – France

## Résumé

Une comparaison est effectuée entre les comportements et les performances d'un récupérateur d'énergie vibratoire (REV) piézoélectrique, excité de manière direct ou paramétrique, comprenant des non-linéarités géométriques et un shunt résistif. Un modèle géométriquement exact de poutre stratifiée piézoélectrique incluant une excitation paramétrique est proposé. Ce modèle est simplifié en utilisant les hypothèses d'Euler-Bernoulli, d'inextensibilité, une expansion en série de Taylor du déplacement transverse avec troncature au 3ème ordre, ainsi qu'une projection sur le premier mode. Une poutre encastree-libre avec deux patches piézoélectriques colocalisés est ensuite considérée. Des méthodes analytique et numérique de résolution sont comparées. Les comportements et les performances des REV sont ensuite comparés en termes de puissance dissipée dans la résistance à la résonance. Trois cas sont analysés : direct-linéaire, direct-non linéaire et paramétrique-non linéaire. Les résultats montrent une différence significative entre les performances des REV direct et paramétrique et soulignent l'importance de l'effet de seuil de l'excitation paramétrique. Les résultats sont cependant similaires avec et sans non-linéarités géométrique dans le cas direct. Un prochain objectif concerne l'obtention de résultats expérimentaux confrontant ceux du modèle. Or l'étude des performances des REV se fait ici à la résonance. Pour permettre cette étude à la résonance, un système de boucle à verrouillage de phase est utilisé. Des modèles linéaires de dynamique de phase pour un oscillateur direct et paramétrique sont développés, permettant le calcul de gains de correcteurs IP à partir de l'amortissement et de la fréquence propre des oscillateurs. Des courbes de réponse fréquentielles et des courbes maitresses (backbone curves) de poutres flexibles sont obtenues expérimentalement à l'aide de ces réglages.

---

\*Intervenant

---

# Contrôle vibratoire d'une imprimante 3D à câbles

Thibault Garcia<sup>\*1</sup>, Didier Remond<sup>1</sup>, and Simon Chesné<sup>1</sup>

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

## Résumé

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 (suite du projet CABFAB, qui a montré l'intérêt du contrôle actif colocalisé des vibrations en embarquant des paires d'actionneurs et capteurs piézoélectriques sur les câbles) est d'accroître la précision des RPC pour l'impression 3D de pièces de tailles moyennes, afin de garantir la qualité géométrique des pièces produites.

L'intérêt est donc ici 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. Ceci passe notamment par la mise en place d'un indice de sélection des câbles à utiliser pour ce type d'architecture de contrôle colocalisée. La recherche de la robustesse des performances peut aussi être atteinte par la mise en place d'autres lois de contrôle, linéaires et non-linéaires, notamment par retour d'état. Afin de tester expérimentalement les concepts introduits, un RPC plan à 4 câbles est mis au point. En plus d'utiliser les transducteurs piézoélectriques, l'objectif sera de réaliser le contrôle vibratoire avec les moteurs-enrouleurs qui mettent en mouvement l'effecteur dans tout l'espace de travail.

---

\*Intervenant

---

# Détection de défauts dans les composites à fibres végétales par analyse vibratoire

Ons Lahbib\*<sup>1</sup>, Nadia Massé, Ali El-Hafidi, and Philippe Leclaire

<sup>1</sup>Département de Recherche en Ingénierie des Véhicules pour l'Environnement [Nevers] – DRIVE  
EA1859, Univ. Bourgogne Franche Comté, F58000, Nevers, – France

## Résumé

Les matériaux composites à fibres végétales offrent une alternative durable et écologique aux composites traditionnels, notamment dans le secteur des transports. Cependant, leurs propriétés mécaniques peuvent être sensiblement différentes. Il est donc important d'établir de nouvelles méthodes de caractérisation et de détection de défauts et dommages internes. Cette étude présente un indicateur original basé sur l'analyse des courbures des formes modales pour identifier les dommages causés par des impacts à faible énergie. En s'appuyant sur les courbures modales entre une structure saine et une structure endommagée, cet indicateur permet non seulement de détecter la présence de défauts, mais aussi de déterminer leur position. Des simulations numériques sur des structures poutres et plaques ainsi que des essais vibratoires ont été réalisés sur des matériaux composites à fibres de lin afin de confirmer la pertinence de cet indicateur. En poursuivant l'expérimentation et en adoptant une démarche analytique, des développements futurs porteront sur le comportement viscoélastique des composites lin/époxy et les effets thermomécaniques induits par les vibrations. Ces travaux ouvrent la voie à une meilleure compréhension des interactions complexes entre les propriétés des matériaux composites à fibres végétales et les sollicitations externes. Ils permettent également d'évaluer l'intérêt de l'utilisation des fibres végétales dans les applications industrielles et dans les transports.

---

\*Intervenant

---

# Localisation autonome de sources sonores par imagerie acoustique embarquée sur drone

Camille Leblanc\*<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Roberval UTC – Roberval (Mechanics, Energy and Electricity), Centre de recherche Royallieu – France

<sup>2</sup>Centre Technique des Industries Mécaniques – Centre Technique des Industries Mécaniques - Cetim (FRANCE) – France

<sup>3</sup>Institut Jean Le Rond d'Alembert – Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7190 – France

<sup>4</sup>Heuristique et Diagnostic des Systèmes Complexes [Compiègne] – Université de Technologie de Compiègne, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7253 – France

## Résumé

Les antennes de microphones sont devenues essentielles pour le diagnostic acoustique en milieu industriel, permettant notamment de détecter des fuites de gaz ou des effets de décharges partielles sur des transformateurs électriques. Le point faible de ces techniques demeure le recours obligatoire à un opérateur qui se déplace à proximité des sources de bruit et analyse les images acoustiques afin de les localiser. Ce travail consiste à automatiser la localisation de sources sonores en milieu industriel en embarquant une antenne de microphones MEMS sur un drone autonome.

Deux problèmes ont été rencontrés : la source acoustique dominante masque les sources de niveau plus faible, empêchant leur détection, et le bruit généré par le drone diminue drastiquement les performances des algorithmes d'imagerie acoustique.

Une méthode de localisation itérative et autonome est proposée. Un robot portant l'antenne de microphones s'approche d'abord de la source de niveau sonore le plus élevé, triangule sa position et la masque à l'aide d'un filtre spatial. Il est ensuite capable de détecter la nouvelle source de niveau sonore le plus élevé. Le bruit propre du drone est atténué numériquement en utilisant une combinaison du filtre spatial utilisé pour le masquage et d'un filtre de Wiener multicanal basé sur une matrice interspectre pré-enregistrée du bruit du drone.

Les algorithmes de filtrage sont validés par une étude expérimentale en chambre anéchoïque et l'algorithme de planification de trajectoire est testé en simulation puis sur une expérience temps-réel sur un véhicule terrestre silencieux.

---

\*Intervenant



---

# Localisation haute fréquence dans les structures vibro-acoustiques

Xinmiao Ye<sup>1</sup>, Aristide Leborgne\*<sup>2</sup>, Gautier Lefebvre<sup>1</sup>, and Nicolas Dauchez<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Université de Technologie de Compiègne – Roberval (Mechanics, energy and electricity), Centre de recherche Royallieu - CS 60319 - 60203 Compiègne cedex, France – France

## Résumé

La localisation d'ondes, phénomène caractérisé par la concentration de l'énergie ondulatoire dans une région d'un milieu désordonné, intervient dans l'ensemble de la physique des ondes. Cette concentration d'énergie peut être vue comme une absence de propagation des ondes dans un milieu non borné ou comme l'apparition de modes propres localisés dans un milieu borné.

Un nouvel outil théorique, le paysage de localisation, permet d'étudier a priori la localisation en prédisant les fréquences des modes localisés et les régions où ils apparaissent à partir de la déformée statique du système.

Dans le cadre des vibrations de plaques minces il a été montré que lorsque le désordre provient de points bloqués ou de zones bloquées, le paysage prédit l'apparition de modes localisés à basse fréquence. En revanche, lorsque le désordre provient d'une quasi périodicité ou de résonateurs locaux, les modes localisés interviennent à plus haute fréquence et le paysage ne permet plus d'obtenir d'informations a priori sur la localisation.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est de développer une méthode de prédiction de la localisation à haute fréquence, basée sur la théorie du paysage. Nous prenons comme point de départ l'étude d'une membrane avec des masses ajoutées comme résonateurs locaux.

Après avoir caractérisé le comportement des résonateurs, un paysage modifié comportant certaines masses bloquées selon la fréquence de résonance locale est proposé. Cette méthode permet de prédire la position et la fréquence des modes localisés pour une membrane avec une distribution de masses disposées aléatoirement. La prédiction est précise tant que les résonateurs sont suffisamment peu couplés et suivent le modèle identifié pour estimer leur fréquence.

Ce travail apporte une perspective déterministe à l'étude de la localisation haute fréquence des vibrations dans des structures présentant des résonances locales.

---

\*Intervenant

---

# Personnalisation du filtrage acoustique de protecteurs auditifs

Shuhan Liu<sup>\*1,2</sup>, Raphaël Pile<sup>1</sup>, Robin Petit<sup>2</sup>, and Olivier Thomas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arts et Métiers Institute of Technology, LISPEN – Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers – France

<sup>2</sup>Cotral Lab – Cotral Lab – France

## Résumé

L'utilisation de protecteurs auditifs, tels que les bouchons d'oreille, est une solution courante pour se protéger contre le bruit. Cependant, l'atténuation fournie par un même type de bouchon peut varier considérablement d'un utilisateur à l'autre. Cette recherche explore le filtrage acoustique personnalisé, entièrement passif, pour améliorer cette atténuation. L'objectif est de prédire l'atténuation d'un bouchon d'oreille dans un conduit spécifique et d'ajuster les caractéristiques du filtre acoustique afin de régler cette atténuation. L'étude se concentre sur un produit de COTRAL, composé d'un bouchon moulé sur mesure et d'un filtre acoustique à base de film élastique. Ce film est modélisé comme une plaque de Kirchhoff-Love précontrainte, soumise à des incertitudes liées à la rigidité et à la tension superficielle, dues aux matériaux et au procédé de fabrication. L'atténuation sonore du bouchon via la conduction aérienne a été évaluée à l'aide d'un modèle simplifié de bouchon et de conduit auditif, en se basant sur la méthode de la matrice de transfert sous l'hypothèse de la propagation d'ondes planes. Ce modèle, actuellement validé par simulation numérique, aide à comprendre les mécanismes d'atténuation et à prédire l'influence de différents paramètres sur celle-ci. Les variations d'atténuation sont évaluées en fonction des tendances des niveaux d'atténuation et des fréquences caractéristiques. Une validation expérimentale de modèle établi sera réalisée à l'aide de mesures sur une oreille artificielle.

---

\*Intervenant

---

# Automated far-field sound field estimation combining robotized acoustic measurements and the boundary elements method.

Caroline Pascal<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup>U2IS – ENSTA Paris – France

<sup>2</sup>UME – ENSTA Paris – France

## Résumé

The identification and reconstruction of acoustic fields radiated by unknown structures is usually performed using either Sound Field Estimation (SFE) or Near-field Acoustic Holography (NAH) techniques. The latter turns out to be especially useful when data is only available close to the source, but information throughout the whole space is needed.

Yet, the lack of amendable and efficient implementations of state-of-the-art solutions, as well as the laborious and often lengthy deployment of acoustic measurements continue to be significant obstacles to the practical application of such methods.

The purpose of this work is to address both problems. First, a completely automated metrology setup is proposed, in which a robotic arm is used to gather extensive, yet accurate geometric and acoustic data without any human intervention. The impact of the robot on acoustic pressure measurements has been cautiously estimated, and proved to remain negligible within a defined validity frequency range.

The sound field prediction is then tackled using the Boundary Element Method (BEM), and implemented using the FreeFEM++ BEM library. Numerically simulated measurements have allowed us to assess the method accuracy, which matches theoretically expected results, and robustness against positioning inaccuracies, provided that the robot is carefully calibrated.

The overall solution has been successfully tested using actual robotized measurements of an unknown loudspeaker, with a reconstruction error of less than 30% below 1kHz.

---

\*Intervenant

---

# Analyse numérique du comportement vibratoire d'une machine électrique synchrone à aimants permanents

Thomas Poupon<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup>Roberval – LABORATOIRE ROBERVAL UTC COMPIEGNE – France

<sup>2</sup>Emotors – Emotors, 212, Bd Pelletier - 78 955 Carrieres-Sous-Poissy, France – France

## Résumé

Les machines électriques sont souvent perçues comme silencieuses, mais le bruit qu'elles produisent est devenu un enjeu majeur. Nous proposons une approche ciblée pour comprendre l'origine de ce bruit, afin d'améliorer la conception des machines. Notre étude se concentre sur le modèle vibratoire d'une machine électrique synchrone à aimants permanents. Les composants du stator et du rotor (arbre, tôles, aimants et roulements flexibles) sont modélisés par éléments finis. Les efforts magnétiques sont calculés à partir des pressions de Maxwell, déterminées analytiquement à l'aide de la méthode des sous-domaines. Nous étudions le couplage magnéto-mécanique en flexion en prenant en compte l'excentricité, et en particulier l'impact des mouvements de flexion du rotor sur les pressions de Maxwell. Ces mouvements influencent directement ces pressions et engendrent des effets d'excentricité dynamique. À l'avenir, l'intégration des mouvements de torsion enrichira la compréhension du comportement dynamique du rotor, permettant ainsi d'améliorer davantage la conception des machines électriques.

---

\*Intervenant

---

# Effect of polydispersity on the transport and sound absorbing properties of 3D random fibrous media

Quang Vu Tran<sup>\*1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Modélisation et Simulation Multi-Echelle – Camille Perrot – France

<sup>2</sup>Centre de Recherche Acoustique-Signal-Humain – Canada

<sup>3</sup>Adler Pelzer Group, Acoustic TechCenter RD – Ludovic Dejaeger – France

## Résumé

Here, we develop and explore the potential of a new class of models carrying morphological information of polydisperse fibrous media at the upper scale, where engineering applications take place. We experimentally start by analyzing the microstructures of nonwoven materials using thermocompressed felts manufactured from recycled cotton fibers bonded with PET fibers. A simple geometric characterization was performed from orthogonal cross-sections of the studied samples with scanning electron microscopy to determine the main microstructural descriptors (fiber angular orientation, fiber diameter polydispersity). To predict the acoustical macro-behavior of such random and locally heterogeneous materials, we propose the definition of two representative volume elements (RVEs): one for estimating the low-frequency transport parameters and one for determining the high-frequency transport parameters. Each RVE is built with straight fibers parameterized by the probability density function of the fiber orientation and an appropriate weighted diameter. For the low-frequency RVE, a volume-weighted mean diameter was used, and an inverse volume-weighted mean diameter was employed for the high-frequency RVE. These two RVEs make it possible to infer the values of the transport parameters in the low- and high-frequencies asymptotic regimes using numerical homogenization methods. The numerical estimates of the transport parameters were then successfully compared to experimental characterizations. Our model provides a means to separately investigate the effects of polydispersity and angular orientation of fibers on the transport and sound absorbing properties; this may offer opportunities to improve the understanding of the challenging physics of transport phenomena in locally heterogeneous random media. Importantly, examples are presented to illustrate the possible gains in sound absorption using a controlled polydispersity of fiber diameters, and thus revealing a possible paradigm shift in the development of soundproofing materials.

---

\*Intervenant

---

# Modélisation multi-échelle de la dégradation des roulements à billes par fatigue de contact pour un apprentissage machine

Chengcheng Wang\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de Thermique, Mécanique, Matériaux – Université de Reims Champagne-Ardenne, France –  
France

## Résumé

Ce projet vise à digitaliser les installations de machines tournantes en développant une approche numérique multi-échelle pour l'étude de la fatigue de contact roulant, un mode de défaillance courant dans les roulements à billes. L'approche intègre les interactions microscopiques des surfaces de contact et les conditions de fonctionnement macroscopiques pour évaluer leurs effets combinés sur la dégradation par fatigue. Les résultats obtenus contribueront à améliorer les méthodes d'apprentissage machine pour la prédiction des performances et de la défaillance des roulements.

---

\*Intervenant