
Modélisation des instabilités vibratoires roue/rail en courbe : application au bruit de crissement et à l'usure ondulatoire

Jacobo Arango Montoya^{*1,2,3}, Jean-Jacques Sinou¹, Olivier Chiello², and Rita Tufano³

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Ecole Centrale de Lyon, CNRS UMR 5513 – France

²Unité 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 – France

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

Résumé

Le crissement est un type de bruit émis par des véhicules guidés sur rail (trains, tramways, métros) dans des courbes de faible rayon et qui se caractérise par des niveaux de pression acoustique élevés. Non seulement il constitue une gêne pour les passagers et riverains, mais aussi les forces de frottement à l'interface roue/rail, étroitement liées à ce phénomène, peuvent, parallèlement, provoquer une usure ondulatoire importante du rail.

La principale cause du phénomène est l'angle d'attaque formé entre l'axe de la roue et la direction tangente au rail, qui entraîne des glissements relatifs roue/rail et, par conséquent, d'importantes forces de frottement ; sous certaines conditions, ces forces provoquent des instabilités dynamiques, qui produisent des vibrations auto-entretenues et donc du bruit rayonné. La détermination de l'amplitude de ces vibrations non-linéaires est souvent faite par intégration temporelle des équations dynamiques, mais ceci nécessite de longs temps de calcul, ce qui s'avère incompatible avec une logique de type ingénierie.

Le premier objectif de cette thèse est donc de développer une méthode de balance harmonique, méthode fréquentielle non-linéaire, pour déterminer directement l'amplitude des vibrations en régime stationnaire, permettant d'obtenir des temps de calcul raisonnables. L'originalité réside dans l'utilisation des mobilités de roue et de rail condensées au contact ponctuel roue/rail.

Le deuxième objectif est d'utiliser la méthode développée pour réaliser des études paramétriques afin d'élargir la compréhension du phénomène et de quantifier l'effet des différentes solutions techniques de réduction de bruit (amortissement, lubrification). Les résultats seront comparés à des mesures effectuées sur le réseau de tramway de Lyon et une attention particulière sera portée à l'effet de la loi de frottement, loi dont les paramètres sont difficiles à recalculer mais qui demeure centrale pour la compréhension du phénomène. Le dernier objectif concerne l'utilisation de la méthode dans le cadre de l'étude de l'usure ondulatoire.

*Intervenant

Méthodes de caractérisation vibro-acoustique appliquées aux plaques de plâtre

Théodore Braule^{*1,2,3}, Matthieu Gallezot¹, Kerem Ege³, Simon Chesne², Quentin Leclère³, Xavier Brajer¹, Sylvain Berger¹, and Sylvain Meille⁴

¹Saint-Gobain Recherche – Saint-Gobain Recherche F-93303 Aubervilliers France – France

²Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Lyon – France

³Laboratoire Vibrations Acoustique – Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Lyon – France

⁴Matériaux, ingénierie et science [Villeurbanne] – Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Lyon – France

Résumé

Saint-Gobain produit et distribue de nombreuses solutions de construction légère à base de plaques de plâtre (cloisons séparatives ou distributives, doublages, plafonds...), qui contribuent notamment à l'amélioration du confort acoustique des espaces habités. Cependant, la conception de structures légères, rigides et optimisées pour offrir de hautes performances d'isolation acoustique, est un défi scientifique majeur. En effet, les exigences mécaniques et acoustiques se présentent souvent comme contradictoires. En particulier, l'isolation acoustique des cloisons en plaques de plâtre avec 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 plâtres. Dans cette contribution, il sera comparé plusieurs techniques expérimentales d'identification vibro-acoustique pour la caractérisation de structures, appliquées ici à des poutres de plâtre. La méthodologie Mechanical Impedance Measurement (MIM), utilisée dans l'industrie (normes ISO 16940 et NF EN 16703), est basée sur une approche modale limitée aux basses fréquences. Afin d'élargir la bande fréquentielle de l'étude, une méthode expérimentale sans contact par vibrométrie laser peut également être utilisée. Cette méthode indirecte repose sur l'extraction du nombre d'onde de flexion de la poutre par transformée de Fourier sur le déplacement transverse mesuré. Cependant, ces deux méthodes ne déterminent pas spatialement les propriétés mécaniques de la structure étudiée. Pour pallier ce manque, la méthodologie Force Analysis Technique (FAT), développée aux LVA et LaMCoS, est adaptée. Cette technique calcule les dérivées spatiales de l'équation du mouvement de la structure par schéma aux différences finies sur le déplacement transverse. En particulier, FAT permet d'obtenir une information locale de la raideur et de l'amortissement. Par le biais de cette comparaison, il sera vérifié les propriétés mécaniques obtenues par les méthodes expérimentales avec ou sans contact.

*Intervenant

JUMEAU NUMERIQUE EN TEMPS REEL POUR LA DYMANIQUE VEHICULE

André Buckenmeyer*^{1,2}

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

²Stellantis France – Stellantis France – France

Résumé

La connaissance des efforts au centre roue d'une automobile est un enjeu crucial pour le dimensionnement en fatigue de ses liaisons au sol. La diversité des conducteurs et des usages nécessite par ailleurs une connaissance fine des contraintes dynamiques subies par les véhicules en conditions réelles d'utilisation, afin de maîtriser la durabilité et la fiabilité des pièces de sécurité. L'acquisition de ces données n'est pas chose aisée en dehors de flottes spécifiquement instrumentées.

C'est pourquoi, afin d'accéder aux chargements sur des véhicules de série et d'en avoir une meilleure description statistique, des stratégies de reconstruction ou d'estimation des sollicitations à partir d'un nombre réduit de capteurs peuvent être implémentées dans les systèmes embarqués du véhicule lui-même (edge computing). Cela impose toutefois des contraintes strictes sur la compacité des modèles, nécessitant des solutions efficaces de réduction pour permettre un calcul en temps réel ou déporté, adapté aux ressources effectives des systèmes embarqués.

La solution proposée dans ce travail consiste à projeter les données issues des capteurs embarqués (accéléromètres, gyroscopes) sur une famille libre réduite afin d'extraire les informations les plus représentatives des situations de vie dynamique du véhicule. Cette projection permet d'extraire une information la plus représentative possible des différentes situations de vie du véhicule. Ensuite, des méthodes de classification non supervisées sont appliquées pour identifier les sous-espaces où l'utilisation de modèles réduits est possible. Une approche itérative, basée sur la décomposition en valeurs singulières (SVD), est proposée pour construire cette famille libre, en se basant sur des données issues de roulages pistes, contenant un grand panel de situations très caractéristiques.

*Intervenant

Optimisation et conception d'un Nano-drone bioinspiré à ailes vibrantes

Marguerite De La Bigne^{*1,2}, Sofiane Ghenna², Eric Cattan³, Sébastien Grondel³, and Olivier Thomas⁴

¹Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques – Arts et Métiers Sciences et Technologies – France

²Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) - UMR 8520 – Université Polytechnique Hauts-de-France – France

³Univ. Polytechnique Hauts-de-France, IEMN - Institut d'Électronique de Microélectronique et de Nanotechnologie, DOAE - Département d'Opto-Acousto-Électronique – CNRS : UMR8520 – France

⁴École nationale supérieure des arts et métiers, LISPEN, HESAM Université, F-59000 Lille, France – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), - - France

Résumé

Ce travail présente une nouvelle conception d'un nanodrone bio-inspiré à ailes vibrantes. Il s'inscrit dans un projet mené conjointement par l'IEMN (Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie) et le LISPEN (Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques) des Arts et Métiers, dont l'objectif est de faire décoller le drone le plus léger au monde. Les prototypes sont composés de deux ailes, chacune étant entraînée indépendamment en vibration par un actionneur électromagnétique. Chaque aile est constituée de deux nervures, le bord d'attaque et le bord de fuite, reliées par des liaisons souples à l'extrémité libre d'une poutre centrale qui agit comme un moteur. Une membrane très fine est déposée entre le bord d'attaque et le bord de fuite pour créer la surface portante. Pour obtenir une cinématique bio-inspirée, il est nécessaire d'obtenir une quadrature de phase entre les modes de battement et de torsion. Notre méthode consiste à optimiser la géométrie et les caractéristiques élastiques des ailes artificielles afin de rapprocher au maximum les fréquences de résonance des modes de battement et de torsion. La déformation étant localisée dans les liaisons souples, l'ensemble de la structure peut être modélisé comme un système masse/ressort à trois degrés de liberté (0D), facilitant ainsi le processus d'optimisation. Cela permet également d'obtenir une amplitude de vibration très élevée sans endommager la structure. Le résultat est des prototypes, fabriqués grâce aux technologies de microfabrication, capables de produire des mouvements d'ailes de grande amplitude, de l'ordre de 40° d'angle, et également capables de fonctionner indépendamment dans leurs modes de battement et de torsion ou en phase quadrature. Enfin, une excellente corrélation avec la théorie est obtenue, avec une erreur de moins de 10 % sur les fréquences de résonance et les déformations équivalentes.

*Intervenant

Etudes non-linéaires des sévérités vibratoires des freins aéronautiques - application aux solutions anti-vibratoires

Xavier Fagan^{*1,2}, Jean-Jacques Sinou¹, Sébastien Besset¹, Louis Jézéquel¹, and Abdelbasset Hamdi²

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS) – Ecole Centrale de Lyon – France

²Safran Landing Systems (SLS) – SAFRAN (FRANCE) – France

Résumé

Les freins aéronautiques sont un composant essentiel de la sécurité dans un avion. Lors d'une phase de freinage, ils sont soumis à des niveaux vibratoires élevés provenant du déclenchement d'instabilités. L'un des objectifs majeurs de Safran Landing Systems (SLS) est de concevoir des systèmes de freinage sûrs et donnant lieu à un minimum de vibrations. Le phénomène vibratoire le plus critique à l'heure actuelle est le whirl et provient d'un couplage de modes. Les travaux de thèse s'inscrivent dans un cadre de modélisation et de diminution des niveaux vibratoires. Tout d'abord, un modèle réduit est mis en place à partir d'un frein donné. Le grand avantage de ce modèle est de pouvoir réaliser à la fois des analyses de stabilité et des simulations temporelles non-linéaires, le tout avec des temps de calcul raisonnables. Ensuite, plusieurs non-linéarités sont introduites. Il s'agit par exemple de non-linéarités de contact et des équations de comportement du circuit hydraulique. Cela permet de réaliser des simulations temporelles non-linéaires afin d'étudier l'influence de certains composants sur les niveaux vibratoires. On en conclut que l'épaisseur des disques est de premier ordre, ce qui conforte les choix de designs réalisés chez SLS. Une fois le modèle validé vis-à-vis des essais, il est exploité pour étudier l'effet de quelques solutions anti-vibratoires. Elles sont donc modélisées au sein du modèle réduit de frein. On identifie que lorsque le paramétrage est bien choisi, nous observons des réductions significatives des vibrations. Cela montre tout l'intérêt de disposer d'un modèle réduit au sein du Bureau d'Études afin de mieux concevoir les solutions anti-vibratoires et de disposer de freins de moins en moins sujets aux vibrations de whirl.

*Intervenant

Réduction de vibrations de torsion d'ordre élevé sur une structure en rotation par shunt électromagnétique.

Guillaume Hay*¹, Christophe Giraud-Audine², Hervé Mahe³, and Olivier Thomas⁴

¹Arts et Metiers Institute of Technology, LISPEN, HESAM Université – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) – France

²Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille (L2EP) – L2EP, Univ. Lille, Arts et Metiers Institute of Technology, Centrale Lille, Junia, ULR 2697 - L2EP, Lille, France – France

³Valeo transmissions, NeMo New Mobility Center, Route de Poulainville, 80009 Amiens, Cedex 1, France – valeo – France

⁴Ecole nationale supérieure des arts et métiers, LISPEN, HESAM Université, F-59000 Lille, France – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), - - France

Résumé

L'électrification de l'industrie automobile a introduit de nouveaux défis, notamment des vibrations de torsion à hautes fréquences provenant du réducteur. Ces vibrations se propagent à travers la chaîne cinématique, générant un bruit de sirènement. De plus, les bandes passantes réalisables avec des dispositifs mécaniques sont incompatibles avec le spectre des vibrations.

Cette présentation propose de réduire ces vibrations grâce à un shunt électromagnétique, réalisé à l'aide d'une machine électrique utilisée comme transducteur pour coupler les vibrations à des circuits électroniques. Un condensateur placé aux bornes du transducteur permet de profiter du caractère inductif de la machine pour créer un circuit résonant. La résonance du circuit électrique induit dans la fonction de réponse de la structure mécanique une antirésonance, laquelle peut être accordée sur une fréquence particulière en modifiant la valeur du condensateur.

Une première approche consiste à utiliser une machine à courant continu comme transducteur. Dans cette configuration, la rotation de la structure mécanique induit une force électromotrice produite par le transducteur. En régime permanent, cette tension est compensée par la composante continue de la tension aux bornes du condensateur, ainsi le courant circulant dans le transducteur est dû uniquement aux vibrations subies par la structure. L'étude présentée permet d'établir un critère de mérite pour le transducteur, optimisant ainsi le shunt électromagnétique. Une antirésonance dans la fonction de réponse en torsion a été observée expérimentalement sur une structure en rotation où le transducteur utilisé pour la réalisation du shunt est une machine à courant continu à faible inertie. Les validations expérimentales ont révélé des verrous technologiques dus à la résistance de contact à l'interface balai-collecteur présente dans la machine.

Un shunt électromagnétique utilisant une machine synchrone triphasée est actuellement à l'étude, offrant de nouvelles perspectives.

*Intervenant

Analyse expérimentale et numérique de la propagation des ondes guidées dans les câbles pour leur évaluation non destructive

Bi Djaha Roméo Irie*¹

¹Université Gustave Eiffel – Fabien Treysede – France

Résumé

Mon projet s'inscrit dans une démarche visant à améliorer les techniques d'inspection des structures du génie civil en utilisant les ondes guidées mécaniques. Depuis de nombreuses années, le laboratoire GeoEND (Géophysique et Évaluation Non Destructive) s'intéresse à l'exploration des ondes pour l'inspection des structures du génie civil. Dans ce domaine, différentes catégories d'ondes sont étudiées, notamment les ondes acoustiques, les ondes élastiques, les ondes mécaniques et les ondes électromagnétiques. Cette thèse se concentre particulièrement sur les ondes guidées mécaniques en raison de leur capacité à se propager à travers un milieu matériel.

Les ondes guidées présentent de nombreux avantages, notamment la capacité de se propager sur de longues distances avec peu de perte d'énergie. Elles offrent ainsi une voie prometteuse pour le contrôle non destructif et la surveillance de la santé des structures élancées du génie civil, telles que les câbles, les barres etc.

D'une part, les structures du génie civil sont souvent partiellement ou totalement enfouies dans un milieu infini, ce qui limite souvent l'accès à une seule de leurs extrémités. D'autre part, la nature multimodale et dispersive des ondes guidées rend l'interprétation des résultats de mesure complexe, nécessitant des modèles de propagation avancés. Ces défis ont été pris en compte par les avancées significatives réalisées ces dernières années à l'Université Gustave Eiffel, où des outils de modélisation numérique ont été développés.

*Intervenant

L'optimisation mécanique et aérodynamique des aubages des turbines à vapeur axiales a historiquement amené à de multiples solutions de liaisonnement entre les aubes dès que la solution aubage libre n'est plus considérée viable.

L'objet de la thèse porte sur l'utilisation des plateformes intégrales pour utilisation sur les étages d'injection (haute pression) de turbine à vapeur.

L'entreprise Baker Hughes cherche à substituer une technologie vieillissante (ruban riveté en tête d'aubage, qui certes est robuste et éprouvée mais pose certaines contraintes lors de la fabrication et à un comportement mécanique "boîte noire"), par une technologie de plateforme intégrale avec liaisonnement en tête au minimum sur toute la plage de fonctionnement.

- Pour ce faire, il est déjà nécessaire de caractériser la solution actuelle via différents indicateurs obtenus par éléments finis (contraintes, déplacement, analyse vibratoire, indice de MAC).
- Ensuite, plusieurs solutions innovantes ou disruptives seront modélisées et comparées au travers des indicateurs précédemment définis.
- Enfin, une solution sera retenue pour une étude plus approfondie (étude des jeux en fonctionnement, régime transitoire vibratoire, réponse vibratoire forcée ET maquette expérimentale).

L'analyse vibratoire est au centre de toutes ces études (comme la majorité des études mécaniques en turbomachines), avec notamment l'introduction de non-linéarités de contacts et de frottement.

Acquisitions vidéos de dynamique non linéaire pour structures élancées

Florian Maetz*¹, Jean-Luc Dion, Franck Renaud², Annie Leroy, and Benjamin Chouvion³

¹ISAE-Supméca Institut Supérieur de Mécanique de Paris – Laboratoire QUARTZ EA 7393 - SUPMECA Paris – France

²Laboratoire QUARTZ (QUARTZ) – ISAE-Supméca Institut Supérieur de Mécanique de Paris – ISAE-Supméca - 3 rue Fernand Hainaut - 93400 Saint-Ouen cedex, France

³Centre de Recherche de l'École de l'air (CRéA) – Armée de l'air et de l'espace – Chemin de Saint Jean, 13661 Salon-de-Provence Air, France

Résumé

Le flottement aérodynamique des ailes souples constitue un défi majeur dans la conception des drones HALE (High Altitude Long Endurance). En effet, ces véhicules sont dotés d'ailes de grande envergure afin d'assurer leur capacité à voler à haute altitude tout en maximisant leur autonomie. Cependant, cette grande envergure rend les ailes plus susceptibles au flottement aéroélastique, un phénomène instable et potentiellement destructeur.

Dans le but de mieux comprendre ce phénomène, nous visons à développer une métrologie capable de mesurer de grands déplacements en 3D, afin d'identifier les modes non linéaires associés aux comportements en cycle limite et, éventuellement, d'extraire les forces aérodynamiques à l'origine du problème. Cette métrologie repose sur l'assimilation de données obtenues par enregistrements vidéo, combinée à un modèle de poutre prenant en compte les non-linéarités géométriques liées aux rotations modérées.

L'acquisition des données est réalisée à l'aide d'un filtre de Kalman, qui présente l'avantage de s'appuyer sur la physique d'un modèle pour estimer les grandeurs à partir des mesures effectuées. Une première étape consiste en une comparaison de différents modèles pour évaluer leur capacité à représenter fidèlement la réalité.

*Intervenant

De la structure à la dynamique d'une laine de verre

Grégoire Markey*¹, Etienne Barthel², Nicolas Dauchez³, and Mohamed Rachik⁴

¹Dpt Capteurs Optique Data-Science Acoustique – Saint-Gobain Research Paris, Aubervilliers – France

²Sciences et Ingénierie de la Matière Molle (UMR 7615) – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Institut de Chimie du CNRS, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7615 – France

³Roberval – Université de Technologie de Compiègne – France

⁴Roberval – Université de Technologie de Compiègne – France

Résumé

Les matériaux fibreux, tels que les laines de verre, peuvent être utilisés pour l'isolation acoustique de différents éléments de construction. La laine de verre est un réseau poreux de fibres aléatoires partiellement liées par un polymère, dont la micro-structure doit être étudiée pour améliorer leur comportement acoustique. Précédemment, les paramètres acoustiques macroscopiques ont été liés à la microstructure, suivant l'hypothèse d'un squelette fibreux rigide. Cette hypothèse s'avère inexacte pour certaines applications, telles que les planchers flottants, lorsque le déplacement de la structure doit être pris en compte. L'objectif principal de cette thèse est d'étudier le comportement dynamique de la laine minérale, et d'établir un lien entre la microstructure et les propriétés mécaniques macroscopiques.

Des images obtenues au microscope confocal et des observations à micro-échelle ont permis d'identifier certaines caractéristiques du matériau.

Des mesures QMA à l'échelle macroscopique ont été effectuées sur un lot d'échantillons de propriétés différentes. Les résultats ont montré l'influence des différents paramètres microscopiques sur le comportement dynamique du matériau. Un modèle analytique simplifié a été développé sur la base de travaux existants. Ce modèle permet de retrouver les tendances observées par la mesure et d'identifier le phénomène majoritaire de dissipation d'énergie.

En parallèle, un modèle numérique éléments finis 3D représentatif de la micro-structure du matériau a été développé. Pour cela, un algorithme de génération de géométrie basé sur des courbes a été mis au point. Il prend en compte la variabilité des dimensions des composants du matériau et les jonctions créées par le polymère, ainsi que leur viscoélasticité. Les effets de taille sont très importants sur ce type de modèles de matériau fibreux et rendent l'extraction d'un comportement homogène difficile. L'utilisation de conditions aux limites généralisées permet de limiter les effets de taille et d'atteindre la convergence du modèle numérique pour un volume de taille raisonnable.

*Intervenant

Coupling Aerodynamic effects with far-field noise of a porous trailing edge

Augustin Pedo*¹

¹Wind energy, FTP, TU Delft – Pays-Bas

Résumé

Wind turbines, while being a sustainable source of energy, are not free of environmental impacts. One of the main concerns is the noise emissions they generate, which can be disturbing to nearby population and wildlife. Most of the noise is produced at the trailing-edge of tip of the blades. This type of noise generation mechanism is created by pressure fluctuations at the trailing edge, when the pressures from both sides of the blade meet, scattering as an acoustic wave due to the sudden impedance change. The sound pressure level is dependent on the effective flow speed to the power 5 to 6.

One way to mitigate is to even-out the pressure on both sides at the very end of trailing edge using porous media. This solution reduces low-frequencies but, on the other hand, high frequency noise is soaring. Furthermore, porous media also usually deteriorate the aerodynamic performance of the blades.

Simulations are required to understand and model the phenomenon. However, the cost of those simulations is significant: CFD software are used with Large Eddy Simulation (LES). The mesh must be very fine to capture the boundary layer characteristic and the vortices which is the main reason for the cost.

This PhD project aims to design a low-fidelity method to model flow behaviour inside porous media. With the working model, the next objective is to design a porous medium with an optimal trade-off between the aerodynamic and acoustic performances.

*Intervenant

Invisibilité vibratoire dans une plaque par l'utilisation de métamatériaux à gradients

Léo Pradier*¹, Baptiste Chomette², Arnaud Hubert³, and Manuel Collet¹

¹Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Université de Lyon, Ecole Centrale de Lyon, LTDS – France

²Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Université de Lyon, Ecole Centrale de Lyon, LTDS – France

³Roberval – Université de Technologie de Compiègne, Alliance Sorbonne Université, Laboratoire Roberval, Centre de recherche de Royallieu, CS 60319, 60203 Compiègne, cedex, France – France

Résumé

Le cloaking permet de rendre une inclusion dans un milieu indétectable par une onde se propageant dans ce milieu. Un domaine aux propriétés singulières est défini autour de l'objet à camoufler, de sorte que l'onde le "contourne" sans interaction. La littérature regorge d'exemples encourageants dans le cas de l'électromagnétisme utilisant des transformations géométriques dans les équations d'équilibre. Cependant, le cas de l'élasticité linéaire présente des difficultés supplémentaires en raison de la nature tensorielle des équations d'équilibre dynamique. Les modèles présentés dans la littérature, basés sur les principes théoriques du cloaking, sont des solutions approximatives peu robustes. D'autres approches basées sur l'optimisation fournissent des solutions avec un niveau d'efficacité qui dépend fortement de la fréquence choisie et des propriétés mécaniques. Nous proposons une approche toujours basée sur la méthode de transformation géométrique pour concevoir des guides d'ondes courbes destinés à guider l'énergie vibratoire autour d'un trou dans une plaque élastique. L'étude montre une alternative à la théorie du cloaking de plaques élastiques, ainsi qu'aux conceptions par optimisation, dans un cas unidirectionnel en utilisant des poutres courbes. Une méthode analytique est utilisée pour déterminer le gradient de propriétés que les poutres courbes doivent satisfaire, afin qu'une onde plane entrant dans le cloak soit parfaitement reconstruite en sortie de cloak. Le gradient déterminé est interprété physiquement comme une variation d'épaisseur le long de l'abscisse curviligne définissant une poutre courbe. Les résultats numériques démontrent la pertinence de la méthode développée et la capacité du design à supprimer le scattering induit par la présence du trou. Un indicateur est développé pour quantifier la qualité d'occultation, selon cet indicateur, le cloak proposé réduit considérablement le scattering pour 97 % de la bande de fréquence considérée (500-5500 Hz).

*Intervenant