

---

# Etude de la microfissuration des matériaux complexe par suivi temps-réel holographique et acoustique passive de la dynamique lente

Klein Alexandre\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'acoustique de l'université du Mans – Le Mans Université – France

## Résumé

Les matériaux complexes forment une vaste famille de matériaux ayant pour caractéristique principal une structure sophistiquée (géométrique, hétérogène...) . Au sein de cette famille très large, le béton fait parti des matériaux les plus couramment utilisés de part ses propriétés mécaniques intéressantes et son faible coût de production. De part sa constitution hétérogène, des zones de fragilités peuvent apparaître dans le matériau notamment dans les zone d'interactions entre les différents éléments, pouvant être à l'origine de fissure provoquant, si celle si ne sont pas détecté, la destruction du matériau.

Ainsi, mes travaux se concentre sur l'étude des microfissurations dans le béton. Pour ce faire, nous utiliserons de l'émission acoustique passive afin de suivre en temps réel les signaux émie suite à une sollicitation. En effet, lors d'une sollicitation periodique et régulière, les microfissurations au sein du béton vont s'ouvrir, générant ainsi des ondes Longitudinales et Transversales dans le matériau. Aussi, après sollicitation, les microfissure se referme, générant également des signaux pouvant être détecter par émission acoustique. Nous utiliserons ainsi le phénomène de la dynamique rapide (FD) dynamique (SD) lente pour étudier l'ouverture et la fermeture de ces microfissurations dans les matériaux complexes. Cette étude sera complété par un apport holographique permettant une imagerie de la réaction des la microfissure à la sollicitation.

---

\*Intervenant

---

# Filtres de Herschel-Quincke adaptés aux ondes de flexion dans les poutres et les plaques

Stepan Avetisov\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Le Mans Université – National School of Engineers of Le Mans (ENSIM), Le Mans University – France

## Résumé

Un filtre Herschel-Quincke (HQ) est un dispositif permettant de contrôler la transmission d'ondes guidées. En ajoutant une ou plusieurs branches auxiliaires à un guide d'ondes, il est possible de créer des lignes à retard, induisant des interférences destructives et, par conséquent, des phénomènes d'annulation de transmission à des fréquences ciblées. Nous explorons l'application de ce principe aux ondes élastiques dans les poutres et les plaques. La nature dispersive des ondes de flexion et leur couplage avec les ondes longitudinales introduisent une complexité dans l'accord des fréquences d'annulation de transmission. Un modèle, développé dans le cadre de la théorie des poutres de Timoshenko et de la théorie des plaques de Kirchhoff-Love, permet de calculer la matrice de diffusion d'un filtre HQ. Ce modèle est validé par des simulations par éléments finis (FE), démontrant l'efficacité de cette approche pour le contrôle des vibrations. Les propriétés du filtre sont ensuite analysées, conduisant à une discussion sur les avantages et inconvénients de la stratégie HQ.

---

\*Intervenant

---

# Contrôle passif des vibrations d'un panneau sandwich par effet trou noir acoustique

Alex Besse<sup>\*1</sup>, Omar Aklouche<sup>2</sup>, Frédéric Ablitzer<sup>3</sup>, Adrien Pelat<sup>3</sup>, and François Gautier<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, CNRS UMR 6613, Le Mans, France – Le Mans Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6613 – France

<sup>2</sup>Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans – Le Mans Université – France

<sup>3</sup>Laboratoire d'acoustique de l'université du Mans – Le Mans Université – France

## Résumé

*Un Trou Noir Acoustique (ABH) est un diffuseur, intégré dans des structures, permettant un contrôle passif des vibrations sans ajout de masse. En pratique, il prend la forme d'un amincissement local de la structure (disque axisymétrique à profil parabolique) sur lequel une fine couche de matériau viscoélastique d'épaisseur est appliquée sur une région centrale d'épaisseur uniforme. L'absorption provoquée par un ABH permet de concevoir des panneaux rigides, légers et non résonnants.*

*Dans cette communication, il est proposé d'étudier cet effet lorsque l'ABH est placé dans une structure sandwich à trois couches (peau en fibre de verre/âme en nid d'abeille/ peau en fibre de verre). Ces structures donnent lieu à des effets de flexion et de cisaillement de l'âme. Les équations du mouvement du panneau sandwich épais, symétrique et à caractéristiques variables sont obtenues dans le cadre de la théorie zig-zag en appliquant le principe de Hamilton. Ces équations conduisent à un modèle analytique d'ordre 6 permettant de décrire un panneau sandwich comme un panneau mono couche équivalent.*

*L'impact de la dynamique particulière d'un panneau sandwich sur l'effet trou noir est étudié à travers un modèle semi-analytique d'un ABH inséré dans un panneau sandwich circulaire ou infini. Ce modèle permet l'analyse du comportement local d'un ABH ainsi que l'absorption globale apportée par ce dernier.*

*L'analyse de l'effet ABH inséré dans un panneau sandwich est validée expérimentalement à partir de cartes vibratoires obtenues par vibrométrie laser, confirmant ainsi l'intérêt de l'approche pour le contrôle passif des vibrations.*

---

\*Intervenant

---

# Optimisation vibratoire d'un interféromètre à fibre optique

Eliott Breton\* , Adrien Pelat<sup>1</sup>, Cyril Desjoux<sup>2</sup>, Charles Pezerat<sup>1</sup>, Patrick O'donoghue<sup>3</sup>,  
and Pierre Brochard<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine – Laboratoire d'Acoustique de l'Université du  
Maine,, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine – France

<sup>2</sup>Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine – Laboratoire d'Acoustique de l'Université du  
Maine,, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine – France

<sup>3</sup>Silentsys – Le Mans Université – France

## Résumé

Ce travail se concentre sur l'optimisation vibratoire d'un interféromètre à fibre optique, dont les performances de détection peuvent être compromises par des excitations mécaniques ou acoustiques externes. Dans ce type d'interféromètre, le chemin optique est divisé en deux bras, l'un étant considérablement plus long que l'autre. L'optimisation consiste à minimiser la différence de phase de la lumière, causée par des déformations mécaniques, en particulier dans le bras long, résultant d'excitations externes non intentionnelles. En s'appuyant sur les travaux antérieurs de Hocker, qui n'a examiné que la compression isotrope, cette étude prend également en compte d'autres types de charges mécaniques appliquées à la fibre, telles que la traction et la torsion. De plus, une analyse préliminaire des matériaux de protection des fibres optiques a été réalisée, ainsi que des premiers tests expérimentaux. L'objectif final est de réduire le décalage de phase, afin de concevoir un interféromètre à fibre optique capable de résister aux contraintes externes.

---

\*Intervenant

---

# DéTECTABILITÉ DES DÉFAUTS DE ROULEMENTS DANS LES TRANSMISSIONS MÉCANIQUES PAR ENGRENAGES : CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT, CAPTEURS ET INDICATEURS OPTIMAUX

Arthur Burel<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup>Institut National des Sciences Appliquées de Lyon – Institut National des Sciences Appliquées,  
Université de Lyon – France

<sup>2</sup>Safran Helicopter Engines – Safran Helicopter Engines – France

## Résumé

Les roulements occupent une place centrale dans les transmissions mécaniques, en reprenant des efforts importants entre un arbre et son support. L'apparition de défauts sur une bague ou un élément roulant doit donc être surveillée de près pour éviter une défaillance de la transmission. Dans les secteurs aéronautique et ferroviaire, il est primordial de détecter un défaut le plus tôt possible, alors que les possibilités d'arrêter un véhicule pour une inspection approfondie de son réducteur de vitesse sont limitées. Ceci justifie un recours à la maintenance prédictive, qui consiste à surveiller l'apparition de défauts par des indicateurs mesurés sur la transmission pendant son fonctionnement.

Une détection de défauts efficace dépend de plusieurs paramètres, à commencer par les capteurs utilisés. Une approche commune est basée sur des signaux vibratoires recueillis par un accéléromètre sur le carter du réducteur. Le LaMCoS travaille à compléter cette approche par la mesure de la vitesse angulaire instantanée (IAS). Ce signal, mesuré directement sur l'arbre via un capteur de type codeur angulaire, est utile de par son lien direct avec la dynamique du rotor.

Pour prévoir l'impact d'un défaut de roulement sur ces signaux, un modèle numérique de la transmission est développé depuis 2019 pour simuler son comportement dynamique et la manière dont se propage l'information liée à un défaut. Les signaux simulés, comme ceux mesurés, sont traités dans le domaine des fréquences angulaires, adapté à des vitesses de rotation généralement variables.

L'objectif de cette thèse est de modéliser et de valider un couplage entre les arbres et le carter en simulant la transmission d'efforts par les roulements. La connaissance de cette voie de transfert vibratoire permet non seulement de préciser l'impact d'endommagements sur les mesures, mais également de déterminer les conditions et les implantations de capteurs les plus favorables à leur détection.

---

\*Intervenant

---

# Modelling Newtonian noise of vibroacoustic origin in the Virgo gravitational wave detector

Maël Brun , Lionel Maurin<sup>\*1</sup>, Soizic Terrien<sup>1</sup>, and François Gautier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans – Le Mans Université, CNRS – France

## Résumé

With  $\sim 100$  detections by the LIGO-Virgo-KAGRA network, gravitational astronomy has definitely begun. The Virgo detector is a modified Michelson interferometer with two arms of 3km each, made of optical resonator housing  $\sim 100$  kW laser beams. It can measure a gravitational strain ( $\Delta L/L$ ) of  $\sim 10^{-21}$ . The detector is susceptible to various sources of noise within specific frequency bands. Among these, the "Newtonian" or "gravity-gradient" noise (seismic and atmospheric/acoustic) could limit the low-frequency sensitivity (below a few tens of Hz) of LIGO and Virgo as they reach their full sensitivity, as well as that of next-generation detectors such as the European Einstein Telescope and the US Cosmic Explorer. This paper focuses on modeling Newtonian noise of acoustic origin, which refers to the small fluctuations in the gravity field resulting from the acoustic field present in the experimental halls. The fluctuating gravitational field directly causes random forces on sensitive optical elements, such as the interferometer test masses. The induced noise is quantified using a numerical acoustic model of the experimental room when it is excited by the air conditioning system.

---

<sup>\*</sup>Intervenant

---

# Analyse théorique et expérimentale du couplage vibro-acoustique à forts niveaux : application à la conception des systèmes absorbants passifs

Rita Moussa\* , Arthur Givois<sup>\*1</sup>, and Nicolas Dauchez<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Université de Technologie de Compiègne – LABORATOIRE ROBERVAL UTC COMPIEGNE – France

<sup>2</sup>Université de Technologie de Compiègne – , Laboratoire Roberval/LHN, UMR-CNRS 7337 – France

## Résumé

La réduction du bruit constitue un enjeu majeur pour la société, avec des impacts sur la santé publique souvent soulignés par l'Organisation Mondiale de la Santé. Dans les espaces confinés, les matériaux absorbants sont efficaces et peu coûteux pour les fréquences moyennes et hautes du son, c'est-à-dire au-dessus de 250 Hz. Cependant, un défi persiste pour les basses fréquences, où les solutions actuelles sont souvent coûteuses ou limitées à une plage restreinte de fréquences. La dynamique non-linéaire indique que l'utilisation d'un absorbeur avec une raideur non-linéaire constitue une solution efficace pour l'atténuation large bande des basses fréquences. Ces absorbeurs à raideurs non linéaires sont appelés puits d'énergie non-linéaire et sont également connus sous le nom de NES "Non Linear Energy Sinks". Lorsque ces systèmes sont appliqués à un système primaire (acoustique ou vibratoire) et excités à un niveau suffisant pour activer leur comportement non-linéaire, un transfert irréversible d'énergie se produit du système primaire vers le NES. Une limitation principale de ces systèmes est la nécessité de forts niveaux d'excitation pour assurer ce transfert irréversible d'énergie qui sera ensuite dissipée dans l'absorbeur. Dans cette étude, l'application des NES pour atténuer le mode acoustique d'un conduit est explorée. Le NES consiste en une fine membrane viscoélastique qui, à de forts niveaux acoustiques, vibre avec des déplacements importants, induisant des non-linéarités géométriques.

---

\*Intervenant

## Title

The maximally-coherent reference technique: relaxing the assumptions of the conventional coherence-based methods

## Abstract

Source extraction can be achieved using coherence-based methods with reference sensors. However, conventional coherence-based methods impose strict assumptions on the reference signals. For example, the least-squares method requires a well-conditioned cross-spectral matrix of the references, which is not feasible when the number of references exceeds the number of sources, leading to an ill-conditioned matrix that requires rank reduction. A Cholesky decomposition, called *partial coherence*, was proposed to address this issue but assumes noise-free references. Alternatively, *virtual coherence* employs a truncated singular value decomposition to account for noise, yet it assumes spatially white and uncorrelated noise on the references. Applying any of these techniques without meeting their specific assumptions can result in misleading results. This challenge led to the development of a new method: the Maximally-Coherent Reference technique. This method identifies a set of virtual references that maximally correlate with the target sensors, effectively relaxing restrictive assumptions. Tests on simulated and real data demonstrate that this technique significantly outperforms conventional methods.



---

# Etude mécanique du chevalet de guitare acoustique

Victor Piton<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Vibrations Acoustique – INSA Lyon, France – France

## Résumé

Le chevalet de guitare acoustique permet la transmission de la vibration des cordes à la table d'harmonie. Sa diversité de matériaux et de formes soulève la problématique à l'origine de ce travail : quelle influence le matériau et la forme des chevalets ont-ils sur le son de la guitare acoustique ? A l'heure actuelle, bien que ce sujet intéresse les facteurs d'instruments et les musiciens, peu de travaux scientifiques ont porté sur cette question. Le chevalet est souvent considéré comme une inhomogénéité locale dans les propriétés de la table d'harmonie. Seuls les travaux de Torres & Boullosa (Applied Acoustics, 2009) semblent concerner ce sujet spécifiquement. Les résultats de leur étude montrent que les propriétés mécaniques du chevalet ont un effet mesurable sur les fréquences et les amplitudes des modes de vibration de la guitare. Cependant, leur analyse se limite à une comparaison qualitative des admittances et des déformées modales. Cette étude, co-encadré par Jean-Loïc Le Carrou (Institut d'Alembert, équipe LAM), Kerem Ege (LVA) et Quentin Leclère (LVA), consiste premièrement en une évaluation quantitative de l'influence des propriétés du chevalet sur les caractéristiques vibratoires de la guitare. La variation des paramètres modaux du système d'étude, qui est dans le cadre de ce travail une plaque rectangulaire en aluminium simplement supportée (Robin et al., Acta Acustica united with Acustica, 2016) sur laquelle divers chevalets sont successivement collés, est évaluée par analyse modale. Pour ce faire, les méthodes LSCF (Linear Square Complex Frequency estimator) et LSFD (Least Square Frequency Domain estimator), introduites par Guillaume et al. (Proceeding of IMAC, 2003), sont utilisées. Deuxièmement, l'effort transmis par le chevalet à la table d'harmonie est estimé par la méthode CFAT (Corrected Force Analysis Technique), introduite par Leclère & Pézerat (Journal of Sound and Vibration, 2012).

---

\*Intervenant

---

# Mesure de cartographies de vitesse acoustique dans un écoulement turbulent en conduit à l'aide de systèmes optiques

Simon Rampnoux\*<sup>1</sup>, Islam Ramadan<sup>2</sup>, Solène Moreau<sup>1</sup>, and Mabrouk Bentahar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université de technologie de Compiègne, Roberval, Compiègne, France – Université de Technologie de Compiègne – France

<sup>2</sup>Institut PPrime, CNRS - Université de Poitiers - ISAE-ENSMA, ENSIP, Poitiers, France – Institut Pprime, CNRS-Université de Poitiers-ISAE ENSMA – France

## Résumé

Ces travaux de thèse présentent une méthode expérimentale pour mesurer les composants de vitesse acoustique (amplitude et phase spatiale) en présence d'écoulements turbulents en conduit, en utilisant soit la Particle Image Velocimetry (PIV) à basse fréquence, soit la Laser Doppler Velocimetry (LDV). L'approche tire parti des principes du traitement de signal parcimonieux (Compressed Sensing, CS) pour surmonter les limitations des techniques classiques de PIV, telles que la nécessité d'un signal de référence pour la synchronisation, la taille importante des données et la durée de mesure prolongée. La méthode proposée est appliquée à la fois aux systèmes PIV et LDV, et les résultats sont comparés avec des mesures microphones. Les résultats montrent la capacité de la méthode expérimentale à mesurer avec précision les composantes de la vitesse acoustique à différentes fréquences et niveaux de pression acoustiques. Les principaux avantages de la méthode développée sont une réduction de la taille des données, l'absence de mesures verrouillées en phase et une diminution du temps de mesure. La principale limitation réside dans la nécessité d'un rapport bruit sur signal (NSR) assez faible. Cependant, les effets d'un NSR élevé peuvent être atténués en augmentant le temps d'acquisition dans certains cas. Des recherches en cours se concentrent sur l'application de la méthode à des modes d'ordres supérieurs et sur l'investigation de son potentiel pour la décomposition modale à l'aide de mesures non intrusives.

---

\*Intervenant

---

# Description de scènes sonores par localisation acoustique et apprentissage statistique

Enzo Tiffeneau\*<sup>1,2</sup>, Leclère Quentin<sup>1</sup>, and Bouley Simon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Vibrations Acoustique – INSA Lyon, France – France

<sup>2</sup>MicrodB – MicrodB, 28 Chemin du petit bois, 69130 Ecully – France

## Résumé

Cette thèse vise à fournir une description complète de scènes acoustiques en combinant la localisation de sources et l'apprentissage automatique. L'objectif est de déterminer la position, le nombre, le niveau, la trajectoire et la nature des sources sonores dans une scène donnée.

La localisation des sources repose sur l'utilisation de réseaux de microphones combinés à des méthodes d'imagerie acoustique, ce qui permet de localiser, de quantifier et d'extraire les sources présentes dans la scène. Par ailleurs, la capacité d'isoler les signaux temporels de chaque source individuelle permet la prédiction de scènes polyphoniques. En complément, le filtrage spatial fourni par ces méthodes d'imagerie améliore nettement le rapport signal/bruit, ce qui profite directement aux performances des modèles de reconnaissance sonore.

Afin de faire émerger les sources impulsives ou à faible bande de fréquence du bruit de fond, une nouvelle méthode de déconvolution temporelle, dénommée CLEAN-Spec et basée sur l'algorithme CLEAN-T, est proposée. Elle permet d'isoler chaque source au sein de la scène acoustique en exploitant les deux dimensions temporelle et fréquentielle des spectrogrammes.

Une fois les sources de la scène localisées et séparées, des modèles d'apprentissage profond basés sur des architectures Transformer sont utilisés pour identifier les différentes sources sonores. Ces modèles s'appuient sur des réseaux neuronaux entraînés à la reconnaissance de spectrogrammes.

Cette stratégie a été évaluée sur des scènes statiques simulées, contenant des sources de différentes natures.

---

\*Intervenant

---

# Matériaux architecturés pour le contrôle de vibrations de plaques : application aux tables d'harmonie de guitare

Nathan Zwahlen<sup>\*1</sup>, Mathieu Chekroun<sup>1</sup>, Pierre Margerit<sup>2</sup>, Frédéric Ablitzer<sup>1</sup>, and Vincent Tournat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans LAUM - UMR CNRS 6613 – Le Mans Université, CNRS : UMR6613 – France

<sup>2</sup>Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux – CNRS - UMR8006 – France

## Résumé

La table d'harmonie d'une guitare joue un rôle essentiel dans le fonctionnement vibro-acoustique de l'instrument. En plus d'assurer le rayonnement acoustique, elle influe sur la sonorité de l'instrument par son comportement dynamique. Cette structure résulte de l'assemblage d'une fine plaque et de raidisseurs. L'agencement spatial de ces raidisseurs influe fortement sur le comportement dynamique de la structure et, par conséquent, sur les caractéristiques sonores de l'instrument. Le travail présenté ici vise à proposer une stratégie alternative de fabrication de la table d'harmonie. Celle-ci consiste à remplacer la structure plaque/raidisseurs classique par une structure multicouche architecturée, dont les propriétés homogénéisées équivalentes peuvent varier spatialement. Ce nouveau paradigme de fabrication permet l'utilisation d'essences de bois ou de matériaux qui ne répondent pas aux critères classiques de sélection et ouvre de nouvelles possibilités d'optimisation en fonction du rendu sonore souhaité.

Le comportement vibro-acoustique de ces structures alternatives est simulé en utilisant des modélisations par éléments finis ondulatoires (WFEM, Wave Finite Elements Method), qui exploitent les conditions de périodicité d'une structure infinie pour décrire les caractéristiques de propagation des ondes. Dans un premier temps, les propriétés homogénéisées locales équivalentes d'une table d'harmonie classique (structure raidie) sont recherchées afin de définir une cible à atteindre. Un matériau multicouche architecturé est ensuite proposé pour remplacer l'assemblage plaque/raidisseurs. Les propriétés homogénéisées de ce matériau sont contrôlées en modifiant la géométrie des différentes couches. L'objectif est de concevoir une structure qui imite le comportement dynamique en basses fréquences de la structure raidie, grâce à une architecturation spatiale adéquate du matériau multicouche.

---

<sup>\*</sup>Intervenant