



Journées
Jeunes
Chercheurs
en vibrations,
Acoustique
& Bruit

Recueil des résumés

9^{ème} Édition

Femto-ST, Besançon
14-15 novembre 2019

Table des matières

Conférences plénières.....	5
Présentations Flash.....	8
1 Session 1	9
1.1 étude vibroacoustique des structures multi-coeur en nid d'abeille...	10
1.2 Optimisation vibroacoustique robuste du design des moteurs électriques	11
1.3 Mesures acoustiques sur un banc d'essai d'érosion interne	12
1.4 Contrôle hybride de vilebrequin : couplage électro-magnéto-mécanique pour la réduction des vibrations de torsion et de l'acyclisme	13
1.5 Analyse vibratoire expérimentale d'une coque de voiture composite avec transducteurs piézoélectriques intégrés : Vers une autonomie énergétique.....	14
1.6 On est presque des jumeaux ! Obtention d'un champ de déformation basé sur une méthode d'expansion modale	15
1.7 Méta-modèles pour la représentation d'articulations élastiques en dynamique multi-corps	16
1.8 Amortissement vibratoire multimodal d'une plaque non périodique par couplage à son réseau piézoélectrique analogue	17
1.9 Caractérisation de l'amortissement apporté par une mousse posée sur une plaque par problème inverse vibratoire	18
1.10 Identification d'efforts par vibrométrie holographique plein champ .	19
1.11 Réduction de modèle de rotors électriques soumis à excitation MLI pour le dimensionnement dynamique.....	20
1.12 Localisation et rayonnement acoustique de structures complexes ...	21
2 Session 2	22
2.1 Modèle vibro-acoustique couplé d'un haut parleur en élastomère diélectrique.....	23
2.2 Métamatériaux pour l'isolation vibro-acoustique	24
2.3 Détection de la présence de bulles dans un fluide lourd à partir de mesures vibratoires sur la conduite.....	25
2.4 Propagation acoustique dans les conduits avec écoulement porteur non potentiel : étude des modes piégés	26
2.5 Prise en compte des défauts de forme des bagues dans les modèles prédictifs du comportement des roulements à billes	27
2.6 Conception, simulation et expérimentation d'un métamatériau à "band gap"	28

2.7	Comportement dynamique de disques intervertébraux soumis à de fortes sollicitations vibratoires	29
2.8	Bearing fault diagnosis based on Hidden Markov Model	30
2.9	Excitation paramétrique d'un pendule couplé à un absorbeur non-linéaire	31
2.10	Commande et contrôle d'un robot à 2 câbles pour l'impression 3D .	32
2.11	Comportement vibro-acoustique des coques de sous-marins partiellement revêtues d'un matériau anéchoïque ou de masquage par modélisation soustractive	33
2.12	Etude de l'impact des propriétés mécaniques de jonctions sur le rayonnement acoustique de structures assemblées	34
2.13	Technique d'imagerie sans reference basee sur le repetement de defaut repetitifs sous vibration vibratoire mecanique basse frequence	35
3	Session 3	36
3.1	Contribution à l'étude des couplages électro-magnéto-mécaniques pour l'acoustique des machines électriques d'un système de ventilation aéronautique	37
3.2	Une méthode de décomposition spatiale pour la prise en compte de l'évolution des paramètres de couche limite dans les simulations vibroacoustiques	38
3.3	Identification des voies acoustiques dans les transmissions latérales de mur-rideau	39
3.4	Système de récupération d'énergie vibratoire à partir de structures piézoélectriques intégrées pour le monitoring et l'autonomie de drones	40
3.5	Contrôle des pôles dans le plan des fréquences complexes du coefficient de réflexion d'un Trou Noir Acoustique	41
3.6	Transmission de données numériques dans des plaques solides par ondes guidées ultrasonores	42
3.7	Traitement acoustique à base de transducteurs pour des applications aéronautiques	43
3.8	Fluid-structure-piezoelectric simulations applied to flow-induced energy harvesters	44
3.9	A discrete approach to geometrically nonlinear vibrations of simply supported euler bernoulli beams with a linearly varying thickness .	45
3.10	Modélisation de films et interfaces avec incertitudes	46
3.11	Identification des excitations aéroacoustiques par problème inverse vibratoire dans le domaine temporel	47
3.12	Modélisation angulaire des transmissions par engrenages pour la détection de défauts	48

3.13	Analyse numérique et expérimentale de vibrations non linéaires de structures élastiques et piézoélectriques. Modèles réduits et interactions modales.....	49
4	Session 4	50
4.1	Nonlinear vibration of gears	51
4.2	Caractérisations des structures courbes et complexes.....	52
4.3	Diagnostic des défauts mécaniques d'un hélicoptère par analyse des signaux vibratoires et acoustiques capturés par smartphone/-tablette	53
4.4	Modèle réduit périodique hétérogène pour la prédiction du comportement dynamique de la voie ferrée	54
4.5	Méthodologie pour la mesure des caractéristiques acoustiques 3D du turbocompresseur en fonctionnement confiné dans la boucle d'air moteur.....	55
4.6	Dynamic characterization of a honeycomb sandwich structure in a wide frequency range	56
4.7	Application industrielle des structures périodiques aux avions/-lanceurs.....	57
4.8	Développement d'un système de mesures acoustiques de référence aux basses fréquences et fort niveau à l'aide d'un tube de Kundt court	58
4.9	Méthodologie de correction de phénomènes vibratoires lors d'opération d'usinage sur site	59
4.10	Angular velocity and cyclo(non)stationarity as an innovation in machining monitoring	60
4.11	Modélisation numérique vibro-acoustique d'une oreille artificielle dédiée à l'étude de protecteurs auditifs individuels.....	61
4.12	Shunt piézoélectrique pour l'amortissement vibratoire d'hydrofoils .	62
4.13	Vibrations et Bruit de structures périodiques induites par chargement fluide	63

Conférences plénières

Vibration mitigation : Think smart, think robust, think different

Emeline Sadoulet-Reboul

Femto-st

Les stratégies de réduction vibratoire se sont largement développées ces dernières années aussi bien dans le domaine des solutions actives que des solutions passives, et il s'agit à présent d'imaginer les solutions de demain. Les exigences imposées à ces solutions vont croissant avec des contraintes en précision, en tenue mécanique en environnement sévère (thermiquement par exemple), en poids, en recyclabilité . . . Dans le même temps, l'émergence de nouvelles technologies de fabrication telle que l'impression 3D et les progrès réalisés en simulation numérique pour étudier des problèmes multiphysiques de grande taille permettent d'imaginer des solutions innovantes de plus en plus complexes, que ce soit en termes de réalisation technologique, d'intégration, ou de couplage physique. Un enjeu est donc de tirer profit de ces développements récents et de l'imagination des chercheurs pour construire les solutions du futur avec de nouveaux objectifs : qu'elles soient miniaturisées, pluri-efficaces, adaptatives, fonctionnalisées . . . L'objectif de la présentation est de dresser un état des lieux des solutions intelligentes développées dans le domaine du contrôle vibratoire et vibroacoustique, et de détailler plus particulièrement quelques stratégies telles que le contrôle thermiquement adaptatif grâce à un matériau polymère à mémoire de forme, le contrôle multi-modal grâce à un réseau programmable de patchs piézoélectriques shuntés, et le contrôle vibratoire robuste grâce à un réseau architecturé d'absorbeurs dynamiques.

Vibration control techniques have widely developed in recent years in both active and passive solutions, and the purpose is now to design the solutions for tomorrow. The requirements imposed on these solutions are increasing with constraints in precision, mechanical resistance in severe environment (thermal for instance), weight, recyclability, . . . At the same time, the emergence of new manufacturing technologies such as 3D printing and advances in digital simulation to study large-scale multiphysical problems make it possible to imagine innovative solutions that are increasingly complex, whether in terms of technological implementation, integration or physical coupling. One challenge is therefore to take advantage of these recent developments and the imagination of researchers to build the solutions of the future with new objectives : miniaturization, pluri-efficiency, adaptivity, functionalization . . . The objective of the presentation is to review the smart solutions developed in the field of vibration and vibroacoustic control, and in particular to detail some strategies such as thermal adaptive control using a shape memory polymer material, multi-modal control using a programmable network of shunted piezoelectric patches, and robust vibration control using an architectural network of dynamic absorbers.

Noise and vibration of electric motors : main phenomena, simulation process and overview of the optimization approaches

Jean-Baptiste Dupont
VibraTec

The noise radiated by an electrical motor is very different from the one generated by an internal combustion engine. It is characterized by the emergence of high frequency pure tones that can be annoying and badly perceived by drivers, even if the overall noise level is rather low. Even if the excitation due to electromagnetic phenomena of electric motors is reasonably well known, the dynamic response of the machines under electromagnetic excitation and the related noise radiation are complex phenomena.

This presentation will give some elements related to the electromagnetic excitation and the vibroacoustic response of electrical machines. A 3-step multiphysical simulation method will also be presented. With the aid of this powerful simulation tool, several electrical machines and their power supply have been optimized over the last few years in order to reduce the radiated noise as much as possible. All steps of the noise generation process have been addressed : optimization of the power supply strategy, modification of the design of the machine structure, variation of the design of the active electromagnetic parts (teeth, magnets...). These strategies are illustrated from real cases taken from the automotive and railway industry. Significant reductions in the noise levels are achieved : 12dB for a starter, 12dB for an alternator, 14dB for a traction motor.

Présentations Flash

Session 1

1 Session 1	9
1.1 étude vibroacoustique des structures multi-coeur en nid d'abeille...	10
1.2 Optimisation vibroacoustique robuste du design des moteurs électriques	11
1.3 Mesures acoustiques sur un banc d'essai d'érosion interne	12
1.4 Contrôle hybride de vilebrequin : couplage électro-magnéto-mécanique pour la réduction des vibrations de torsion et de l'acyclisme	13
1.5 Analyse vibratoire expérimentale d'une coque de voiture composite avec transducteurs piézoélectriques intégrés : Vers une autonomie énergétique	14
1.6 On est presque des jumeaux ! Obtention d'un champ de déformation basé sur une méthode d'expansion modale	15
1.7 Méta-modèles pour la représentation d'articulations élastiques en dynamique multi-corps	16
1.8 Amortissement vibratoire multimodal d'une plaque non périodique par couplage à son réseau piézoélectrique analogue	17
1.9 Caractérisation de l'amortissement apporté par une mousse posée sur une plaque par problème inverse vibratoire	18
1.10 Identification d'efforts par vibrométrie holographique plein champ	19
1.11 Réduction de modèle de rotors électriques soumis à excitation MLI pour le dimensionnement dynamique	20
1.12 Localisation et rayonnement acoustique de structures complexes	21

1.1 étude vibroacoustique des structures multi-cœur en nid d'abeille

N. Guenfoud^(a)

^(a)Vibroacoustics et Complex Media Research Group, LTDS - CNRS UMR 5513, Ecole Centrale de Lyon, France et Noise and Vibration Research Group, PMA, KU Leuven Celestijnenlaan 300 B, B-3001, Heverlee, Belgium

nassardin.guenfoud@gmail.com

Actuellement, le principal problème concernant les structures mécaniques utilisées dans l'industrie est lié à la problématique du poids. De nombreuses solutions ont été proposées telles que les panneaux en composites ou les panneaux sandwichs. Une attention particulière est toutefois portée aux métamatériaux et plus précisément les structures périodiques en nid d'abeille. En effet, elles ont la particularité d'avoir un rapport rigidité sur poids très élevé. Néanmoins, cette caractéristique mène à des propriétés acoustiques faibles. Par conséquent, ces travaux de recherche se concentrent sur les propriétés ondulatoires et acoustiques de structures sandwichs dont la géométrie du cœur correspond à un empilement de couche en nid d'abeille (hexagonale, auxetic, rectangulaire ...). Cette structure a la particularité de pouvoir modifier les propriétés vibratoires et acoustiques en manipulant simplement les décalages entre les couches ou leur géométrie indépendamment sans pour autant affecter la densité surfacique et donc le poids de la structure. L'étude se concentre sur la modélisation avec les calculs des courbes de dispersions ainsi que de la transmission acoustique. Pour cela la technique WFE (Wave Finite Element) sera appliquée. Une forte augmentation des propriétés acoustiques est observée, liée à la diminution de la rigidité en flexion de la structure, ainsi que des phénomènes ondulatoires liés au couplage de différentes ondes. Les propriétés mécaniques en compression sont diminuées ou améliorées selon la direction du chargement. Finalement, il est possible d'obtenir une amélioration en termes d'absorption en manipulant les décalages entre les couches afin d'obtenir des propriétés similaires au matériaux poreux.

1.2 Optimisation vibroacoustique robuste du design des moteurs électriques

M. Jeannerot^(a), M. Ouisse^(b), E. Sadoulet-Reboul^(b), V. Lanfranchi^(c), J.-B. Dupont^(d)

^(a)Laboratoire Roberval, Laboratoire FEMTO-ST, Vibratec

^(b)Laboratoire FEMTO-ST

^(c)Laboratoire Roberval

^(d)Vibratec

`martin.jeannerot@vibratec.fr`

Des méthodes de simulation multiphysique permettent de modéliser l'ensemble du processus de génération de bruit dans les moteurs électriques pour aboutir à une estimation précise de la puissance acoustique rayonnée, que l'on peut minimiser en utilisant des algorithmes d'optimisation. L'optimisation fine de la géométrie des parties magnétiques actives des moteurs électriques permet d'atteindre des réductions très significatives des niveaux de puissance acoustique, en agissant sur les excitations électromagnétiques à l'origine de la réponse vibratoire du moteur. En effet, l'amplitude, le contenu fréquentiel et la distribution spatiale de ces efforts électromagnétiques sont très sensibles à certains paramètres géométriques. Toutefois, dans un contexte industriel, ces paramètres géométriques sont soumis à des dispersions liées au processus de fabrication, ce qui a un effet important sur le bruit rayonné par les moteurs. La conception idéale doit donc être robuste, c'est à dire permettre une réduction du bruit rayonné aussi importante et uniforme que possible sur l'ensemble de l'espace paramétrique défini par les intervalles de tolérances.

Dans ce contexte, le travail présenté concerne le développement d'une démarche d'optimisation robuste pour minimiser le bruit émis par les moteurs électriques. Elle se décompose en deux étapes :

- Une méthode d'analyse de sensibilité globale pour déterminer les paramètres géométriques du moteur ayant un effet significatif sur le bruit rayonné.
- Une méthode d'optimisation pour trouver le design minimisant en moyenne et en variance le bruit rayonné dans un contexte de paramètres géométriques incertains suivant des lois de distribution probabilistes.

1.3 Mesures acoustiques sur un banc d'essai d'érosion interne

C. Jeanniot^(a), S. Bonelli^(a), N. Chaouch^(a), P.-O. Mattei^(b), F. Anselmet^(c)

^(a)Irstea, Aix Marseille Univ, RECOVER, Aix-en-Provence, France

^(b)Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, LMA, Marseille, France.

^(c)Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, IRPHE, Marseille, France

charline.jeanniot@irstea.fr

Les digues sont sujettes aux ruptures en raison de l'érosion interne induite par des infiltrations localisées qui décollent et transportent les particules de sol à travers le remblai et sa fondation [1]. Une méthode envisageable pour la surveillance de tels écoulements est la surveillance passive des émissions acoustiques (AE). Cette technique repose sur l'utilisation de capteurs acoustiques pour écouter l'énergie acoustique libérée par des sources internes. Ici, nous étudions le potentiel de cette approche en laboratoire, sur un banc d'essai d'érosion interne [1, 2]. Un écoulement est introduit dans une conduite interne à une éprouvette de sol ; les turbulences liées à l'écoulement génèrent des ondes acoustiques [3] qui se propagent dans l'échantillon de sol. Des capteurs acoustiques (accéléromètres) disposés sur l'éprouvette permettent de mesurer ces signaux. L'analyse met en évidence des fréquences acoustiques caractéristiques du flux interne, comprises entre 0 et 10 kHz. On peut voir deux réponses vibratoires sur les signaux acoustiques, une correspondant au flux de la conduite et une seconde correspondant à la réponse du banc d'expérimentation. La corrélation de la fréquence et de l'intensité avec la vitesse d'écoulement et le diamètre du trou est étudiée.

Mots-clés : Émission acoustique, écoulement interne, réponse vibratoire, érosion interne

Références :

[1] Bonelli S. (edt), *Erosion in Geomechanics Applied to Dams and Levees*, Wiley/ISTE , 388 p., 2013.

[2] Lu Z., Wilson G.V., Acoustic measurements of soil pipeflow and internal erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (2012) ; 76 :853-866.

[3] Anselmet, F., Mattei, P.-O., *Acoustics, Aeroacoustics and Vibrations*, 528 p., Wiley-ISTE, 2016.

1.4 Contrôle hybride de vilebrequin : couplage électro-magnéto-mécanique pour la réduction des vibrations de torsion et de l'acyclisme

G. Paillot^(a), S. Chesnés^(a), D. Rémond^(a)

^(a)Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, LaMCoS, F-69621, Villeurbanne, France

guillaume.paillot@insa-lyon.fr

Le comportement rotatif d'un moteur thermique multicylindres est particulièrement irrégulier. Même à régime moteur demandé constant, la pression irrégulière des gaz ainsi que la présence de masses tournantes et en translation autour d'un axe décentré sont à l'origine d'un couple oscillant multi-harmoniques, que l'on qualifie usuellement d'« acyclisme ». Ces variations harmoniques se retrouvent de même dans la vitesse instantanée, nécessitant des précautions lors des hypothèses sur le comportement.

De plus, la grande plage de régimes moteur atteignables implique que plusieurs de ces harmoniques vont pouvoir exciter le vilebrequin en résonance, entraînant l'apparition de vibrations de torsion, d'amplitude potentiellement critique en l'absence de système d'amortissement.

Si plusieurs systèmes passifs efficaces existent déjà, ils ont l'inconvénient de dissiper l'énergie sous forme de chaleur. Nous proposons ici un système hybride permettant d'utiliser cette énergie contre les deux écueils présentés grâce à un couplage électromagnétique optimisé entre deux dispositifs : un système rotatif bobine-aimants permanents et un amortisseur à masse accordé piloté. Le comportement de ces dispositifs est variable suivant les situations, notamment en fonction du régime moteur.

1.5 Analyse vibratoire expérimentale d'une coque de voiture composite avec transducteurs piézoélectriques intégrés : Vers une autonomie énergétique

K. Billon^(a), C. Jean-Mistral^(a), S. Chesné^(a)

^(a) LaMCoS, UMR CNRS5259 / INSA-LYON, 20 Avenue Albert Einstein, 69621 Villeurbanne, France

kevin.billon@insa-lyon.fr

Assurer la fonction d'autonomie énergétique de capteurs intégrés reste un challenge sur des structures composites réelles de par la complexité du comportement mécanique, de par la synergie à mettre en place entre les différentes fonctions et de par l'intégration nécessaire de réseau de transducteurs, ici piézoélectrique. Une analyse vibratoire expérimentale poussée est alors la première étape nécessaire pour quantifier l'environnement vibratoire. Cette dernière est mise en place sur notre prototype de coque composite de voiture à l'échelle 1/12, coque elle-même placée sur un châssis buggy de modélisme complet (organes de transmissions, de suspensions, le moteur électrique, la batterie...). Sollicité par pot vibrant ou via le moteur électrique, l'état vibratoire de la carrosserie est quantifié à l'aide d'un vélocimètre laser 1D à balayage ainsi que de la mesure directe de la tension aux bornes des différents patchs piézoélectriques. Les modes de déformation (respiration...) de la coque sont déterminés dans la gamme de fréquence (100Hz-500Hz). Sont sélectionnés ceux maximisant la ou les déformations de flexion des patchs piézoélectriques, condition nécessaire pour maximiser l'énergie mécanique récupérable.

1.6 On est presque des jumeaux ! Obtention d'un champ de déformation basé sur une méthode d'expansion modale

Emmanuel Bachy^(a), *Gaël Chevallier*^(b), *Emeline Sadoulet*^(b), *Nicolas Peyret*^(c), *Charles Arnould*^(d), *Eric Collard*^(e)

^(a)Institut FEMTO-ST, Thales LAS France

^(b)Institut FEMTO-ST

^(c)QUARTZ

^(d)Thales LAS France

^(e)Thales LAS France

emmanuel.bachy@femto-st.fr

L'obtention de données expérimentales peut parfois s'avérer difficile lorsque l'on ne dispose pas de moyens de mesures suffisamment sensibles ou que l'encombrement de la structure à étudier empêche l'emplacement d'un quelconque capteur. Ces informations sont pourtant nécessaires pour l'analyse ou la qualification d'un composant mécanique.

L'objet de l'étude est une structure représentative d'un emport aéronautique. Le travail proposé vise à évaluer expérimentalement l'efficacité d'un réseau d'absorbeurs dynamiques accordés, conçu pour réduire l'énergie de déformation totale autour sur une plage d'intérêt comprenant le premier mode de la structure, afin d'évaluer un gain en déformation.

L'idée principale est d'exploiter un jumeau numérique du modèle expérimental afin d'obtenir les champs modaux de déformation pour ensuite établir une combinaison avec des mesures expérimentales réalisées avec un vibromètre 3D à balayage. Les résultats seront discutés en proposant quelques indicateurs de qualité et des axes de développements futurs.

Mots-clés : Absorbeurs Dynamiques Accordés, Expansion Modale, Jumeau Numérique

1.7 Méta-modèles pour la représentation d'articulations élastiques en dynamique multi-corps

R. Penas Ferreira^(a), *E. Balmès*^(b), *A. Gaudin*^(c)

^(a)PIMM - Arts et Métiers Paristech, Groupe PSA

^(b)PIMM - Arts et Métiers Paristech, SDTools

^(c)Groupe PSA

rafael.penasfereira@mpsa.com

Articulations élastomères sont présentes dans plusieurs composants d'un automobile. La bonne modélisation de son comportement est cruciale pour la capacité de génération de modèles de comportement multi-corps prédictifs.

L'utilisation de méta-modèles basés sur essais en articulation sont la pratique la plus commun. En revanche cette pratique est très limitée, car hors les conditions d'essai, les modèles ne peuvent pas être consistants.

Dans le cadre de la thèse, l'objectif est d'utiliser des données de la géométrie de l'articulation, bien comme son matériau pour élaborer des méta-modèles à partir de simulations en éléments finis.

Le comportement élastomère présente des particularités qui demandent l'élaboration de lois matériau spécifiques. Entre ces particularités, on retrouve des déformations qui peuvent atteindre des niveaux assez intenses, la viscoélasticité, la dissipation indépendante de la vitesse et l'effet Payne (assouplissement avec l'amplitude de déformation)

Parmi ces techniques, on souligne la technique d'hyper-réduction, qui permet – à partir d'une phase d'apprentissage – le remplacement d'un modèle de haute définition avec des millions de points d'intégration par un modèle qui ne possède plus d'un millier de points, voire quelques dizaines.

A partir du modèle hyper-réduit, il existe la possibilité de l'implémenter directement sur le modèle multi-corps ou de lancer des plans d'expérience numériques qui couvrent toute la plage d'opération de l'articulation.

1.8 Amortissement vibratoire multimodal d'une plaque non périodique par couplage à son réseau piézoélectrique analogue

R. Darleux^(a), B. Lossouarn^(a), J.-F. Deü^(a)

^(a)Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés (LMSSC), et Conservatoire national des arts et métiers (Cnam), 292 rue Saint-Martin, 75003 Paris

robin.darleux@lecnam.net

Les contraintes environnementales et économiques actuelles poussent les constructeurs de l'industrie du transport à réduire la masse embarquée, en utilisant par exemple des structures mécaniques plus minces. Celles-ci sont toutefois soumises à davantage de sollicitations vibratoires pouvant endommager la structure à long terme. Des solutions de réduction vibratoire par couplage piézoélectrique ont été développées, puisque les matériaux piézoélectriques permettent de créer un couplage électromécanique : un champ électrique apparaît lorsqu'ils sont soumis à une contrainte mécanique, et réciproquement. Ainsi, ces matériaux peuvent extraire une partie de l'énergie vibratoire de la structure pour la transférer dans un circuit électrique, où elle peut être dissipée ou récupérée.

Une famille de solutions d'amortissement multimodal consiste à interconnecter des patches piézoélectriques disposés sur la structure. Récemment, il a été proposé d'utiliser comme circuit d'interconnexion un réseau électrique analogue, c'est-à-dire un réseau présentant les mêmes modes et fréquences propres que la structure vibrante. On maximise ainsi le transfert d'énergie mécanique en énergie électrique.

La démonstration pratique de l'efficacité de cette solution est récente et limitée à des structures périodiques de type barre, poutre ou plaque. Le but est désormais d'aller vers l'amortissement large bande de structures plus complexes. Après validation par comparaison calculs-essais d'un modèle prédictif du comportement d'une plaque couplée à son réseau analogue, on propose ici une étude numérique de l'amortissement de plaques non périodiques. Les non-périodicités incluent une discontinuité de la répartition de masse, une épaisseur variable, et des conditions limites diverses. Tous les cas traités illustrent le potentiel de la solution d'amortissement multimodal réalisé par couplage à un réseau piézoélectrique analogue.

1.9 Caractérisation de l'amortissement apporté par une mousse posée sur une plaque par problème inverse vibratoire

M. Le Deunf^(a), *C. Pezerat*^(b), *F. Ablitzer*^(b), *N. Merlette*^(c)

^(a) CEVAA et LAUM

^(b) LAUM

^(c) CEVAA

M.ledeunf@groupe-6napse.com

De nombreuses solutions existent afin d'assurer le confort vibro-acoustique dans les véhicules terrestres et aériens, tel que les masses lourdes (patchs bitumineux), les traitements viscoélastiques et les mousses absorbantes. Les mousses d'habillage présentent une alternative aux masses lourdes, car elles apportent de l'amortissement à la structure porteuse. Pour comprendre les mécanismes dissipatifs mis en jeu dans un tel assemblage, une identification expérimentale de l'amortissement est envisagée. Un système, composé d'une plaque suspendue, sur laquelle est placée une mousse, est étudié dans le cas de différents types de contact à l'interface (posé ou collé). Un banc de mesure spécifique est conçu pour l'identification de l'amortissement présent dans la structure : un vibromètre laser mesure le champ de déplacement de la structure mousse-plaque, puis une méthode inverse est utilisée permettant la détermination des paramètres structuraux. Selon le type de contact à l'interface, il est possible de mettre en avant l'influence de l'amortissement de contact. L'effet de l'amortissement lié aux caractéristiques de l'habillage peut être identifié en changeant la mousse. Des simulations numériques permettent de comprendre l'influence des amortissements mis en jeux. Les méthodes de résolutions inverses sont la méthode Résolution Inverse Filtrée Fenêtrée (RIFF) et Résolution Inverse Corrigée (RIC). Elles sont originellement utilisées pour l'identification d'efforts sur une structure. Ici, ces méthodes sont utilisées pour déterminer les paramètres de structures, tel que le module d'Young et le facteur de perte.

1.10 Identification d'efforts par vibrométrie holographique plein champ

E. Meteyer^(a), *P. Picart*^(a), *C. Pézerat*^(a)

^(a)Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, CNRS UMR 6613, Avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans Cedex 9, FRANCE

erwan.meteyer@univ-lemans.fr

L'observation des vibrations et des ondes se propageant dans les matériaux nécessite des méthodes expérimentales avancées. L'holographie numérique ultrarapide est utilisée au laboratoire afin d'observer ces vibrations en plein champ et sans contact. Cette méthode permet l'observation des champs vibratoires dans l'espace et dans le temps en régime stationnaire et transitoire. L'approche proposée est basée sur l'holographie optique numérique couplée à une caméra ultrarapide et un laser continu de forte puissance. Le champ de déplacement de la structure étudiée est obtenu par la mesure de la phase Doppler extraite des hologrammes numériques. Ainsi, l'observation d'ondes instationnaires tel que le roulement d'une bille ou le balayage par une structure rugueuse d'une surface (ex : essuie-glace) est alors possible. Cette méthode de mesure peut être également utilisée pour vérifier des modèles de propagation de structures amortissantes développés par d'autres équipes de recherches (ex : trous noirs acoustiques). Au cours de cette thèse, nous envisageons d'appliquer la méthode holographique à l'identification d'efforts appliqués à des structures. Le problème inverse de l'équation de mouvement appliqué aux mesures plein champ permettra de déterminer les variations spatiales et temporelles des efforts.

Ce poster présente les principes fondamentaux de l'holographie optique numérique, le dispositif expérimental et la méthodologie que nous comptons mettre en œuvre. Les objectifs et les perspectives désirés pour la suite de la thèse seront alors discutés.

Mots-clés : Holographie optique ; mesure plein champ ; vibroacoustique ; sources instationnaires ; résolution inverse, identification d'efforts

1.11 Réduction de modèle de rotors électriques soumis à excitation MLI pour le dimensionnement dynamique

M. Topenot^(a), G. Chevallier^(b), M. Ouisse^(b), D. Vaillant^(c)

^(a)Institut FEMTO-ST, Université de Bourgogne Franche-Comté, 24 Rue de l'Épitaphe, 25000 Besançon, France et Alstom Transport, 7 Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny, 25290 Ornans, France

^(b)Institut FEMTO-ST, Université de Bourgogne Franche-Comté, 24 Rue de l'Épitaphe, 25000 Besançon, France

^(c)Alstom Transport, 7 Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny, 25290 Ornans, France

margaux.topenot@femto-st.fr

Les rotors de machines asynchrones peuvent être soumis à un risque de casse causé par à la fatigue vibratoire. Cela est dû à la façon dont les moteurs électriques sont alimentés. La modulation de largeur d'impulsion (MLI) est la stratégie de contrôle de la chaîne de traction. Ce signal périodique est composé d'une fréquence fondamentale et de nombreuses harmoniques de tension et de courant qui induisent des harmoniques sur le signal de couple, ce qui entraîne des oscillations de couple importantes. Cela peut conduire à des mises en résonance répétées lorsque des coïncidences se produisent. Cela peut provoquer de graves dommages et même conduire à la rupture si les excitations électriques ne sont pas prises en compte lors de la conception. Dans ce travail, un modèle électromagnétique du moteur approximé par éléments finis est construit en utilisant la décomposition en série de Fourier de la tension afin de prendre en compte les harmoniques dues à la MLI. Les contraintes magnétiques calculées avec ce modèle sont utilisées comme entrées pour le modèle mécanique du rotor. Une méthode de réduction du modèle mécanique est également proposée afin de limiter le temps de calcul nécessaire pour l'évaluation des contraintes. Ce second modèle permet d'envisager le calcul de plusieurs points de fonctionnement pour une montée en vitesse complète dans un temps raisonnable. La corrélation réalisée entre ces deux modèles permet de juger de la pertinence de ces approches pour la conception de pièces de rotors.

1.12 Localisation et rayonnement acoustique de structures complexes

C. Garcia^(a), *G. Lefebvre*^(a), *N. Dauchez*^(a)

^(a)Sorbonne Universités, Université de technologie de Compiègne (UTC), Laboratoire Rober-
val, FRE CNRS 2012, CS 60319 Compiègne cedex, France.

carlos.garcia@utc.fr

L'introduction d'inhomogénéités dans un système vibrant, ou bien de résonateurs ou de structures périodiques a ouvert la voie à de nouvelles méthodes de contrôle de la propagation des ondes. Lorsque ces systèmes incluent du désordre, des phénomènes de localisation des ondes peuvent se produire, et modifient de manière drastique le comportement vibratoire. Ce phénomène de localisation a nécessairement un impact sur le rayonnement d'une structure, en modifiant l'intensité et la directivité du rayonnement.

Un nouvel outil appelé paysage de localisation permet d'analyser efficacement le phénomène de localisation, en unifiant à la fois les problèmes apparentés au confinement, et la localisation forte issue du désordre[Filoché, Mayboroda, PRL, 2009]. Il suffit par exemple d'un point bloqué dans une plaque pour empêcher les modes de vibration de s'étendre sur tout le système. D'autre part, la localisation apparaît dans des systèmes désordonnés possédant par exemple une sous-structure périodique ou bien résonante. Ce type de structures est présent notamment dans la table d'harmonie d'instruments de musique dont le rayonnement est essentiel pour la qualité de l'instrument. À l'inverse cette structuration est un paramètre permettant d'optimiser la conversion d'énergie acoustique en énergie vibratoire à des fins d'absorption du son.

Le paysage de localisation fournira un outil d'analyse synthétique de la localisation des structures. Plusieurs perspectives sont envisagées : adapter la méthode à des structures périodiques ou résonantes présentant de la localisation à hautes fréquences et chercher à lier directement le paysage aux propriétés de rayonnement de la structure.

Session 2

2 Session 2	22
2.1 Modèle vibro-acoustique couplé d'un haut parleur en élastomère diélectrique.....	23
2.2 Métamatériaux pour l'isolation vibro-acoustique	24
2.3 Détection de la présence de bulles dans un fluide lourd à partir de mesures vibratoires sur la conduite.....	25
2.4 Propagation acoustique dans les conduits avec écoulement porteur non potentiel : étude des modes piégés	26
2.5 Prise en compte des défauts de forme des bagues dans les modèles prédictifs du comportement des roulements à billes	27
2.6 Conception, simulation et expérimentation d'un métamatériau à "band gap"	28
2.7 Comportement dynamique de disques intervertébraux soumis à de fortes sollicitations vibratoires	29
2.8 Bearing fault diagnosis based on Hidden Markov Model.....	30
2.9 Excitation paramétrique d'un pendule couplé à un absorbeur non-linéaire.....	31
2.10 Commande et contrôle d'un robot à 2 câbles pour l'impression 3D .	32
2.11 Comportement vibro-acoustique des coques de sous-marins partiellement revêtues d'un matériau anéchoïque ou de masquage par modélisation soustractive	33
2.12 Etude de l'impact des propriétés mécaniques de jonctions sur le rayonnement acoustique de structures assemblées.....	34
2.13 Technique d'imagerie sans reference basee sur le repetement de defaut repetitifs sous vibration vibratoire mecanique basse frequence	35

2.1 Modèle vibro-acoustique couplé d'un haut parleur en élastomère diélectrique

E. Garnell^(a), O. Doaré^(a), C. Rouby^(a)

^(a)IMSIA, Institut Polytechnique de Paris

emil.garnell@ensta-paris.fr

Les élastomères diélectriques sont des matériaux actifs capables de grandes déformations. L'utilisation de membranes d'élastomères diélectriques comme haut-parleurs a été étudiée par plusieurs groupes de recherche, qui ont prouvé la possibilité de rayonner dans l'ensemble du spectre de l'audible. Des modèles de l'actionnement électro-mécanique ont été développés, mais aucun modèle couplant l'ensemble des phénomènes physiques impliqués n'est disponible. Toute optimisation poussée des différents paramètres d'un tel haut parleur (géométrie, paramètres matériau, pression de gonflement, etc) nécessite un modèle validé de la dynamique et du rayonnement.

Dans cet article, un modèle multi-physique par élément finis est proposé. Il couple l'acoustique intérieure au prototype, l'acoustique en champ libre, l'électro-statique et les vibrations autour d'un état précontraint. Le rayonnement acoustique est calculé à l'aide de couches parfaitement adaptées (PMLs).

Les effets de fluide lourd qui apparaissent en raison de la faible masse de la membrane sont étudiés. Enfin, ce modèle est validé par une étude expérimentale.

2.2 Métamatériaux pour l'isolation vibro-acoustique

N. Aberkane-Gauthier^(a), *D. Lecoq*^(b), *C. Lagarrigue*^(b), *C. Pézerat*^(c), *V. Romero-Garcia*^(c),
J.-P. Groby^(d)

^(a)Metacoustic, 57 boulevard Demorieux, 72000 Le Mans. Et Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, LAUM - UMR CNRS 6613, Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, 72085 LE MANS CEDEX 9, France.

^(b)Metacoustic, 57 boulevard Demorieux, 72000 Le Mans.

^(c)Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, LAUM - UMR CNRS 6613, Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, 72085 LE MANS CEDEX 9, France.

^(d)Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, LAUM - UMR CNRS 6613, Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, 72085 LE MANS CEDEX 9, France.

natacha.aberkane@gmail.com

L'objectif de ce travail de thèse est de proposer de nouveaux métamatériaux pour l'isolation vibro-acoustique dans le domaine audible en utilisant de nouveaux concepts pour mieux répondre aux problématiques industrielles comme l'allègement des structures ou la limitation de l'encombrement.

Le métamatériau initial est constitué d'une plaque de poroélastique recouverte d'un film étanche dans laquelle sont disposés des tubes rigides creux. Des mesures d'isolation ont prouvé l'efficacité de ce matériau, qui s'explique d'une part par un découplage vibratoire entre le film étanche et le matériau poroélastique et d'autre part par des effets d'interférences destructives liées à la diffraction de l'onde incidente par l'arrangement des tubes.

L'objectif de la thèse est de faire évoluer ce métamatériau en modifiant la partie poroélastique qui le constitue, en optimisant sa géométrie et en utilisant des phénomènes de résonances locales pour les inclusions. La combinaison de ces deux phénomènes peut s'exploiter pour obtenir une isolation efficace sur une large gamme de fréquences audibles, en particulier pour les basses fréquences. Les concepts développés permettront de décliner des dispositifs innovants en une version utilisant une « méta-paroi » ou « double méta-paroi » qui soit en elle-même un métamatériau élastique pouvant présenter des propriétés inégales.

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

S. Serbout^(a)

^(a)INSA Lyon, LVA, France et Commissariat of Atomic Energy and Alternative energies , France

Sanae.SERBOUT@cea.fr

Dans le cadre du contrôle et la surveillance continue des réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium(RNR-Na), une instrumentation sensible et non intrusive pour mesurer l'engazement dans le sodium doit être développée. Plus précisément, il s'agit d'une instrumentation permettant de détecter des fuites de gaz dans l'échangeur sodium/gaz d'un RNR-Na. Ces fuites se caractérisent par la présence de bulles dans les conduites à la sortie de l'échangeur, induisant ainsi une variation des propriétés de l'écoulement du sodium et modifiant le comportement vibratoire des conduites. Il est donc intéressant d'analyser le comportement vibratoire de la conduite afin de quantifier ces bulles pour surveiller et anticiper la dégradation de l'échangeur. Par ailleurs, en raison de l'opacité du sodium, les systèmes de visualisation classiques sont inopérables, alors, il a été convenu d'utiliser une technique acoustique comme moyen de détection. La technique a pour but d'estimer les caractéristiques du mélange liquide/gaz à l'intérieur d'une conduite raidie à partir de mesures vibratoires sur la surface de la conduite afin d'en déduire le taux bulles. A cet effet, un modèle vibro-acoustique d'une conduite cylindrique couplée à deux raidisseurs et remplie d'un fluide lourd a été développé au cours de cette 1ère année de thèse. Il repose sur une approche de sous-structuration basée sur la méthode des admittances circonférentielles couplée à une approche spectrale de la coque remplie du fluide lourd. L'originalité du modèle réside dans la prise en compte du couplage suivant les 4 degrés de liberté entre la coque et les raidisseurs et de l'application d'une méthode d'accélération de convergence du calcul des admittances circonférentielles.

2.4 Propagation acoustique dans les conduits avec écoulement porteur non potentiel : étude des modes piégés

M. A. Benamar^(a), S. Moreau^(a), M. Ben Tahar^(a)

^(a)UTC

mohamed-amine.benamar@utc.fr

Dans un conduit à discontinuité géométrique, les modes acoustiques piégés induisent une amplification locale du niveau acoustique. Les modes piégés apparaissent pour des fréquences inférieures à la fréquence de coupure du conduit. Ces modes piégés sont étudiés numériquement en présence d'un écoulement moyen non potentiel. Pour l'écoulement, le fluide est considéré comme parfait et incompressible. Les simulations numériques des modes acoustiques piégés sont faites grâce à un modèle d'éléments finis basé sur une formulation mixte d'équations de Galbrun couplé à une couche virtuelle absorbante dite PML (Perfect Match Layer). L'étude est effectuée pour différents types d'écoulement, différentes fréquences et différents nombres de Mach. Une résolution du problème aux valeurs propres non linéaire basée sur la méthode de l'intégrale de contour est également présentée.

2.5 Prise en compte des défauts de forme des bagues dans les modèles prédictifs du comportement des roulements à billes

C. Jeannot^(a), G. Chevallier^(a), S. Dufrenoy^(b), E. Sadoulet-Reboul^(a), C. Lebreton^(b)

^(a)Institut FEMTO-ST, Université Bourgogne Franche-Comté, Département Mécanique Appliquée

^(b)ADR, groupe ALCEN

camille.jeannot@femto-st.fr

Le roulement à billes est un composant mécanique très largement utilisé dans les systèmes de positionnement de précision. Souvent considéré comme une source de vibrations dans les systèmes embarqués, il nécessite un dimensionnement précis afin de garantir son bon fonctionnement. En effet, les exigences croissantes en précision de pointage et vibration rendent nécessaire la prise en compte des défauts de forme, inhérents aux procédés de fabrication, dans les modèles prédictifs du comportement des roulements.

Le travail réalisé propose une méthode permettant la prise en compte des défauts de forme dans l'étude du comportement statique de roulements à billes. Ce modèle permet à la fois une étude locale du chargement des billes au contact ainsi que globale pour l'analyse des erreurs de pointage. Une fois les bagues modélisées par des tores présentant des ondulations (représentatives des défauts), les paramètres géométriques de chaque bille sont calculés. En présence de défauts, le rayon de courbure des bagues va varier localement engendrant une modification de la raideur de contact et ainsi le calcul d'une nouvelle charge au contact, à l'aide de la théorie de Hertz. L'équilibre statique du roulement est ensuite résolu de manière itérative par la méthode de Newton-Raphson. Différents ordres et amplitudes de défauts peuvent ainsi être étudiés sur des roulements seuls mais aussi des paires préchargées. Il est alors possible de quantifier le wobble, correspondant au déplacement du centre du roulement et l'oscillation de l'axe de rotation.

2.6 Conception, simulation et expérimentation d'un métamatériau à “band gap”

F. Demore^(a), *M. Collet*^(a), *A. Madeo*^(b), *L. Jézéquel*^(a)

^(a) LTDS – CNRS UMR5513, École Centrale de Lyon, Ecully Cedex, France

^(b) GEOMAS, INSA Lyon, Villeurbanne cedex, France

felix.demore@ec-lyon.fr

Les métamatériaux, par leur comportement “exotique” vis-à-vis de la propagation d'ondes, possèdent de très nombreux champs d'applications. Un tel métamatériau, empêchant la propagation des ondes à des fréquences audibles (phénomène de bande de fréquence interdite, dit “band gap”) sera présenté à travers sa conception et son dimensionnement, avec les premières confrontations essais/calculs.

L'utilisation d'un modèle micromorphique, permettant de décrire le comportement de systèmes intégrant de tels composants, afin de résoudre les difficultés de simulation numérique (tant en complexité qu'en temps de calcul) sera également introduite.

2.7 Comportement dynamique de disques intervertébraux soumis à de fortes sollicitations vibratoires

J.-B. Garcher^(a), L. Rouleau^(a), J.-F. Deü^(a)

^(a)Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés (LMSSC) - CNAM

jean-baptiste.garcher@lecnam.net

De nombreuses pathologies du rachis sont liées à la dégénérescence du Disque InterVertébral (DIV) et la modification de ses propriétés dynamiques. Des études expérimentales ont montré que de nombreux paramètres, tels que la fréquence d'excitation, l'amplitude vibratoire ou la vitesse de déformation, avaient un impact significatif sur les propriétés mécaniques du DIV. Ces essais sont coûteux et nécessitent des protocoles expérimentaux complexes. Ce travail a donc pour objectif de développer des modèles numériques fidèles, basés sur la méthode des éléments finis, de façon à analyser et mieux comprendre les mécanismes intervenant lors de sollicitations vibratoires.

Dans un premier temps un modèle numérique d'une unité fonctionnelle (deux vertèbres et un DIV) a été mis en place. Ce modèle prend en compte le comportement non linéaire de certains composants : ligaments modélisés par des ressorts non linéaires, DIV modélisé par couplage d'une structure hyperélastique avec des éléments 1D linéaires représentant les fibres de collagène. Le but étant d'étudier le comportement de l'unité fonctionnelle le plus fidèlement possible et sous divers cas de chargement, une première étude statique a été menée afin de valider notre modélisation par rapport à la littérature. Ensuite, une analyse fréquentielle ainsi que plusieurs simulations dynamiques dans le domaine temporel ont été réalisées pour étudier l'influence de la fréquence d'excitation, de l'amplitude vibratoire et de la pré-charge sur le comportement dynamique de l'unité fonctionnelle.

2.8 Bearing fault diagnosis based on Hidden Markov Model

Y. Jin^(a), J. Antoni^(a)

^(a)Laboratoire Vibrations Acoustique, Univ Lyon, INSA-Lyon, LVA EA677, F-69621, Villeurbanne, France

yaqiang.jin@insa-lyon.fr

As the crucial component, the rolling bearing serves in all kinds of rotating mechanical systems, e.g., wind turbine, aerospace, transportation and so on. Then the diagnosis of bearing and guarantee of its normal performance are very important for the industrial operation. The concretization and mathematization of the whole diagnosis process are challenging in the complex vibrations, and few methods achieve this objective. As such, this paper presents a completed diagnostic framework, which materializes mathematically the time series stochastic behavior contained in the vibration signal using STFT (Short-Time Fourier transform) and HMM (Hidden Markov model). The EM (expectation-maximization) algorithm is utilized afterwards to deal with the Hidden Markov model for estimating the parameters in this model. Then the diagnosis action will proceed with these parameters. In particular, a relationship between the fault characteristic frequency f and transition probability matrix A is established, and the fault frequency f can be calculated directly through transition probability matrix A ; Besides, the method can also reconstruct the fault signal based on the covariance C through the Bayes' theorem. Its effectiveness has been validated with synthetic and experimental cases.

2.9 Excitation paramétrique d'un pendule couplé à un absorbeur non-linéaire

G. Hurel^(a), A. Ture Savadkoobi^(a), C.-H. Lamarque^(a)

^(a)Univ. Lyon, ENTPE, LTDS UMR 5513, rue Maurice Audin, 69518 Vaulx-en-Velin

gabriel.hurel@entpe.fr

Afin de contrôler les oscillations d'un pendule, on conçoit un absorbeur purement non-linéaire (NES) est conçu. Il est dimensionné en prenant en compte une force externe d'une certaine amplitude et une amplitude limite des oscillations du pendule à ne pas dépasser. On considère maintenant que le même système (pendule couplé à l'absorbeur non-linéaire) est soumis à une excitation paramétrique : le déplacement imposé du centre de rotation du pendule dans la direction verticale.

Les équations du système sont analysées grâce à une méthode des échelles multiples. Le petit paramètre correspondant au ratio des masses de l'absorbeur et du pendule seul, permet de décomposer le temps en plusieurs échelles de temps. En temps rapide, l'analyse des équations du système met en évidence une variété invariante lente (SIM) vers laquelle va évoluer le système. En temps lent, les équations font apparaître des points d'équilibre qui peuvent être multiples.

Afin de prédire le comportement du système, des portraits de phases sont tracés. Ceux-ci préfigurent les bassins d'attraction des différents points d'équilibre obtenus par intégration numérique. En comparant les résultats à ceux du pendule seul, on s'aperçoit que l'absorbeur ne réduit pas l'amplitude des oscillations mais empêche le pendule d'atteindre de points d'équilibre ayant une amplitude élevée si l'amplitude de la condition initiale est suffisamment faible.

2.10 Commande et contrôle d'un robot à 2 câbles pour l'impression 3D

F. Lacaze^(a), S. Chesnés^(a), D. Rémond^(a)

^(a)Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, LaMCoS, F-69621, France

florian.lacaze@insa-lyon.fr

Ces dernières années, la fabrication additive et les technologies d'impression 3D connaissent un véritable essor. Une possibilité pour la mise en mouvement d'une tête d'impression est l'utilisation d'une transmission à câbles. Le déploiement des robots parallèles à câbles (RPC) dans l'industrie est en cours d'étude pour leur faible coût de réalisation et leur grand espace de travail dans des domaines applicatifs très variés. Par ailleurs, l'usage de câbles pour la transmission entraîne une réduction des masses des parties mobiles par rapport à une transmission rigide, ce qui permet d'accéder à une plus grande capacité d'accélération. Cependant, la faible rigidité d'un RPC pose des problèmes de précision et de vibrations qui peuvent être générées par la trajectoire des masses mobiles, les frottements entre les poulies et les câbles, par les actionneurs ou encore par des perturbations extérieures.

On s'intéresse pour cette contribution à un robot à deux câbles modélisé par un effecteur relié au bâti par deux câbles élastiques. Un seul câble est piloté par un moteur et on présente quatre stratégies de commande qui peuvent être envisagées pour la commande du RPC. Suivant la commande souhaitée, le modèle dynamique à considérer est différent. On comparera également plusieurs stratégies de contrôle permettant de suivre une trajectoire donnée. Un prototype est en cours de réalisation et des études futures porteront sur une validation expérimentale et l'utilisation de technologies de contrôle actif.

2.11 Comportement vibro-acoustique des coques de sous-marins partiellement revêtues d'un matériau anéchoïque ou de masquage par modélisation soustractive

F. Dumortier^(a), *L. Maxit*^(b), *V. Meyer*^(c)

^(a)INSA Lyon/LVA, Naval Group

^(b)INSA Lyon/LVA

^(c)Naval Group

florent.dumortier@insa-lyon.fr

Les revêtements acoustiques jouent un rôle fondamental sur les performances vibro-acoustiques des coques des véhicules sous-marins. On trouve deux grands types de revêtements, aux propriétés mécaniques très différentes : les matériaux anéchoïques (traitement de la diffraction acoustique) et les matériaux de masquage (réduction du rayonnement). Ces matériaux peuvent être appliqués sur toute la coque, ou seulement sur un tronçon ou un certain secteur angulaire. Cette dernière configuration induit dans les modèles un couplage des ordres circonférentiels de la coque immergée. Il en résulte des calculs beaucoup plus lourds, cantonnant les rares approches développées jusqu'alors aux basses fréquences et aux coques non couplées à des structures internes. Il est proposé ici d'utiliser des méthodes récentes de découplage de sous-structures afin de développer l'étude sur une large gamme de fréquences pour des structures de grandes tailles. Ces méthodes, développées originellement pour des systèmes dynamiques, sont généralisées à ce problème vibro-acoustique via le concept de fonctions de transfert condensées. L'objectif est de simuler le comportement de la coque raidie immergée partiellement revêtue à partir d'un modèle du revêtement acoustique et d'un modèle du volume fluide initialement occupé par le revêtement. Dans un premier temps, cette technique de découplage des structures est appliquée à une poutre 1D et comparée à des résultats analytiques. Cette première étude étant concluante, ce principe de modélisation soustractive est ensuite appliqué à un modèle 3D de diffusion d'une onde plane par une sphère rigide, pour lequel des résultats sur une large gamme de fréquences sont donnés dans la littérature.

2.12 Etude de l'impact des propriétés mécaniques de jonctions sur le rayonnement acoustique de structures assemblées

J.-B. Chassang^(a), C. Pézerat^(b), A. Pelat^(b), F. Ablitzer^(b), L. Polac^(c)

^(a)Acoustics Laboratory of the University of Le Mans, LAUM - UMR CNRS 6613 et Renault centre de Lardy

^(b)Acoustics Laboratory of the University of Le Mans, LAUM - UMR CNRS 6613

^(c)Renault centre de Lardy

jean-baptiste.chassang@renault.com

This communication is part of the study of the acoustic radiation of assembled structures and presents a preliminary work that consists in analyzing the links between the junction parameters and the dynamic behaviour of the structure, without considering its radiation. The study concerns a system of 2 beams connected by compression and bending stiffnesses that represent the junction. The coupled motions in each beam are described by a modal decomposition based on the modal bases of the decoupled free/free beams. The model is solved in the frequency domain by a standard inversion method in the case of linear stiffnesses. The method is validated by comparison with reference results from finite element numerical simulations.

2.13 Technique d'imagerie sans reference basee sur le repetement de défaut repetitifs sous vibration vibratoire mecanique basse frequence

M. Terzi^(a), L. Chehami^(a), E. Moulin^(a), N. Smagin^(a), V. Aleshin^(b)

^(a)Univ. Valenciennes, CNRS, Lille, Yncrea, Centrale Lille, UMR 8520-IEMN, DOAE, F-59313, Valenciennes, France

^(b)UMR 8520-IEMN, LCI, Cité Scientifique, Avenue Henri Poincaré, CS 60069, 59652 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

marina.terzi@uphf.fr

Les techniques existant de contrôle santé intégrée nécessitent généralement des mesures supplémentaires sur un échantillon intact de référence, suivies de la comparaison avec un échantillon endommagé. Cependant, les mesures dans l'état sain d'une structure sont souvent impossibles en raison de modifications des signaux enregistrés liées à l'environnement. Une possibilité d'éviter cette difficulté est liée à l'utilisation d'une non-linéarité acoustique de contact directement associée à un endommagement. Nous proposons ici une méthode d'imagerie non linéaire sans référence valable pour les plaques minces. Dans cette technique, la vibration mécanique à basse fréquence modifie l'état de charge d'un défaut, qui module à son tour, les signaux ultrasonores à haute fréquence dispersés. Cet effet de modulation est considérablement amélioré par le sondage répétitif du défaut à l'aide d'un réseau de capteurs et dans une plus grande mesure, par l'application d'un algorithme de localisation appropriée basé sur une sommation incohérente de signaux à rétro propagation. Dans les cas où les images contiennent un bruit de fond semblable à des mouchetures, un algorithme de compensation de signe aléatoire est dérivé et appliqué pour produire une imagerie de sommation cohérente, ce qui permet d'améliorer le rapport entre signal et bruit.

Session 3

3 Session 3	36
3.1 Contribution à l'étude des couplages électro-magnéto-mécaniques pour l'acoustique des machines électriques d'un système de ventilation aéronautique	37
3.2 Une méthode de décomposition spatiale pour la prise en compte de l'évolution des paramètres de couche limite dans les simulations vibroacoustiques	38
3.3 Identification des voies acoustiques dans les transmissions latérales de mur-rideau	39
3.4 Système de récupération d'énergie vibratoire à partir de structures piézoélectriques intégrées pour le monitoring et l'autonomie de drones	40
3.5 Contrôle des pôles dans le plan des fréquences complexes du coefficient de réflexion d'un Trou Noir Acoustique	41
3.6 Transmission de données numériques dans des plaques solides par ondes guidées ultrasonores	42
3.7 Traitement acoustique à base de transducteurs pour des applications aéronautiques	43
3.8 Fluid-structure-piezoelectric simulations applied to flow-induced energy harvesters	44
3.9 A discrete approach to geometrically nonlinear vibrations of simply supported euler bernoulli beams with a linearly varying thickness	45
3.10 Modélisation de films et interfaces avec incertitudes	46
3.11 Identification des excitations aéroacoustiques par problème inverse vibratoire dans le domaine temporel	47
3.12 Modélisation angulaire des transmissions par engrenages pour la détection de défauts	48
3.13 Analyse numérique et expérimentale de vibrations non linéaires de structures élastiques et piézoélectriques. Modèles réduits et interactions modales	49

3.1 Contribution à l'étude des couplages électro-magnéto-mécaniques pour l'acoustique des machines électriques d'un système de ventilation aéronautique

N. Abdelnour^(a), V. Lanfranchi^(a), D. Chazot^(a), P. Caule^(b)

^(a)Sorbonne universités, Université de technologie de Compiègne, CNRS, FRE 2012 Roberval.

^(b)Safran Ventilation Systems, Blagnac FRANCE

nabdelno@utc.fr

Le bruit ambiant entendu par les passagers d'un avion civil peut atteindre 80 décibels et être très dérangeant pour certains. Celui-ci provient principalement des ventilateurs avioniques dont l'acoustique est devenue, ces dernières années, un critère important du cahier des charges pris en compte dès la conception.

Dans cette démarche, pour aider au dimensionnement et à l'optimisation acoustique de tels équipements, des logiciels de prédiction fiables sont aujourd'hui nécessaires. C'est pourquoi Safran Ventilation Systems développe depuis plus de 10 ans des modèles analytiques de prédiction du bruit des ventilateurs. Il est possible de distinguer trois catégories de sources de bruit sur des ventilateurs électriques : celles aéroacoustiques générées par les aubages, celles d'origine magnétique qui sont issues du moteur électrique et celles mécaniques induites par les efforts tournants dans les différentes pièces, en particulier dans les roulements.

L'objectif de cette thèse consiste à proposer une modélisation analytique pour simuler ces phénomènes avec quatre volets principaux :

- 1) modélisation des forces électromagnétiques dans l'entrefer ;
- 2) modélisation du comportement dynamique de la ligne d'arbre ;
- 3) bouclage entre les deux modèles, couplage multi-physique par un algorithme staggered ;
- 4) modélisation du comportement vibro-acoustique du moteur complet.

La finalité industrielle est de mieux maîtriser les tolérances et les paramètres qui conditionnent la naissance des couplages forts (et donc de les éliminer). Les résultats de la thèse devraient également permettre de mieux quantifier les interactions entre alimentation, commande, et comportement moteur pour tendre vers des produits plus silencieux.

3.2 Une méthode de décomposition spatiale pour la prise en compte de l'évolution des paramètres de couche limite dans les simulations vibroacoustiques

C. Guillon^(a)

^(a)LVA (Laboratoire Vibration Acoustique) - INSA Lyon

corentin.guillon@insa-lyon.fr

Les travaux présentés ont été réalisés au cours d'une thèse à financement DGA, dans le cadre de la conception de propulseurs silencieux pour les navires civils et militaires. L'intérêt est porté sur la modélisation du rayonnement acoustique des pales du propulseur soumises à un écoulement turbulent en phase de déplacement du navire.

Dans cette partie de l'étude, on se concentre plus particulièrement sur la prise en compte de l'évolution spatiale des paramètres de couche limite, entre le bord d'attaque de la pale, où la couche limite turbulente est immédiatement déclenchée, jusqu'au bord de fuite. Les modèles de pression pariétale disponibles actuellement dans la littérature sont donnés pour des couches limites homogènes qui ne dépendent que de la séparation entre deux points. Afin de prendre en compte une évolution de la couche limite dans les calculs vibroacoustiques, on s'intéresse à une approche consistant à découper artificiellement la surface excitée par la couche limite en plusieurs zones sur lesquelles on définira une couche limite localement homogène. La technique permet une formulation dans l'espace des nombres d'onde. Elle suppose néanmoins que les zones soient décorrélées entre elles. Les investigations menées sur une plaque plane suggèrent l'introduction d'un terme correctif afin de tenir compte des interactions entre zones et permettent d'avancer un critère pour un découpage adapté.

3.3 Identification des voies acoustiques dans les transmissions latérales de mur-rideau

Y. Medelfef^(a), *M. Ben Tahar*^(b)

^(a)Laboratoire Roberval (UTC) et Hydro Buildings Systems

^(b)Laboratoire Roberval (UTC)

youcef.medelfef@hydro.com

Les murs-rideaux sont un type de façade de bâtiment dont l'utilisation s'est démocratisée durant le XXème siècle, composés par un vitrage et une structure en aluminium complexe qui se doivent de répondre aux besoins d'un bâtiment (isolation thermique, humidité, performances acoustique).

Les transmissions sonores par les voies latérales réduisent l'isolation phonique entre deux locaux. La minimisation de ces transmissions représente un enjeu acoustique car, dans le cas où la cloison séparant les deux pièces est performante, ce sont ces voies qui seront prépondérantes dans les transferts d'énergie entre les pièces et de ce fait limiterons l'isolation sonore.

Afin de permettre d'anticiper les performances des façades et répondre aux normes dans la construction, cette thèse possèdera deux objectifs majeurs. Le premier étant l'analyse et l'identification des voies acoustiques principales de transmissions latérales dans les façades. Le second est le développement d'un modèle numérique pour cette problématique et sa validation en utilisant les résultats d'une base de données expérimentales.

Dans le cas des façades, on trouve trois composants participant à ces transmissions. Ce sont le vitrage, le profilé aluminium et la pièce de jonction avec le mur. Les études semblent indiquer que le profilé est la partie participant le plus aux transmissions.

Quant à l'approche numérique, nous nous efforcerons à mettre en place un modèle du comportement Vibro-acoustique de la façade. Pour cela la méthode des éléments finis sera utilisée.

Mots-clefs : Bâtiment , Façade , Mur-Rideau , Transmissions Latérales, Méthode des éléments finis

3.4 Système de récupération d'énergie vibratoire à partir de structures piézoélectriques intégrées pour le monitoring et l'autonomie de drones

M. Perez^(a), S. Chesné^(a), C. Jean-Mistral^(a), Jean-Fabien Capsal^(b), M. Cabrera^(c)

^(a)Université de Lyon, CNRS INSA-Lyon, LaMCoS UMR5259, F-69621, Villeurbanne, France

^(b)Université de Lyon, INSA-Lyon, LGEF, EA682, F-69621, Villeurbanne, France

^(c)Université de Lyon, CNRS INSA-Lyon, ECL, Laboratoire Ampère, UMR5005, F-69621, Villeurbanne, France

matthias.perez@insa-lyon.fr

L'intégration de transducteurs piézoélectriques pour récupérer l'énergie mécanique ambiante afin d'assurer l'autonomie énergétique de nos appareils électroniques est un challenge scientifique. La plastronique est une voie prometteuse pour fonctionnaliser des pièces structurales, afin d'y ajouter une fonction mesure ou récupération d'énergie. Ainsi, nous avons choisi d'étudier un drone quadricoptère DJI F450 très répandu sur le marché, et peu coûteux. Une première étape d'analyse modale EF et expérimentale du drone a permis d'identifier les zones ayant le plus de potentiel pour la récupération d'énergie vibratoire : les bras. Nous avons ensuite dimensionné et fabriqué par impression 3D quatre bras piézoélectriques destinés à remplacer les bras plastiques d'origine, avec comme double objectif de maintenir la masse du drone constante tout en assurant la robustesse du drone et en gardant une dynamique la plus proche possible de celle d'origine. In fine, trois types de structures piézoélectriques ont été testés, deux du commerce (DuraAct de Pi et buzzer de Murata) ainsi que des structures imprimées via des procédés de plastronique. Le drone a été testé selon plusieurs configurations de vol afin de quantifier les niveaux d'énergie électrique stockable. Quelques nW sont actuellement récupérables avec les éléments piézoélectriques imprimés et jusqu'à 5,35mW avec les piézoélectriques commerciaux, soulignant que la récupération d'énergie vibratoire peut être utilisée pour recharger les batteries du drone et ainsi augmenter la durée de vol.

3.5 Contrôle des pôles dans le plan des fréquences complexes du coefficient de réflexion d'un Trou Noir Acoustique

G. Raybaud^(a), *A. Pelat*^(a), *F. Gautier*^(a), *M. Ouisse*^(b)

^(a)UMR CNRS 6613 — Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, Avenue Olivier Messiaen, 72085 - LE MANS, France

^(b)Univ. Bourgogne Franche-Comté, UMR CNRS 6174 — Institut FEMTO-ST, Département Mécanique Appliquée, 24, Chemin de l'épître, 25000 - Besançon, France

guillaume.raybaud@wanadoo.fr

Suite aux travaux de J. Leng, le comportement non-monotone du coefficient de réflexion R se révèle être dû à la présence de pôles et de zéros dans son plan complexe de fréquences. Ce plan est la carte d'identité d'une terminaison Trou Noir Acoustique (TNA). L'objectif de ma thèse est de trouver les profils de masse, raideur et amortissement d'un TNA qui présentent le coefficient R le plus faible. En pratique, on se propose de contrôler les propriétés mécaniques du TNA par l'insertion d'éléments semi-actifs : polymère à mémoire de forme (PMF) chauffé et patches piézoélectriques.

Une première étape consiste à observer le déplacement d'un zéro, suite à une perturbation ponctuelle du milieu (i.e. chauffage local) de façon à établir une relation entre la position des zéros et les paramètres du TNA. De cette façon, la position des zéros pourra être optimisée par un ajustement des paramètres du TNA tout au long du profil.

3.6 Transmission de données numériques dans des plaques solides par ondes guidées ultrasonores

R. Bahouth^(a), F. Benmeddour^(a), E. Moulin^(a), J. Assaad^(a)

^(a)Université Polytechnique Hauts-de-France

rudy.bahouth@gmail.com

Les systèmes de communication sans fil sont principalement utilisés dans l'air ou dans le vide et ne sont pas largement adoptés dans d'autres milieux tels que les solides ou les liquides. De plus, l'utilisation de ses différents supports de communication est devenue intéressante lorsqu'aucune autre option n'est proposée, telle que la communication sous-marine ou à travers des structures métalliques solides (cylindres ou plaques). Cette technologie est également bénéfique dans les industries nucléaire et aérospatiale et les véhicules intelligents. L'utilisation d'ondes ultrasonores guidées telles que les ondes de Lamb pour la communication dans des milieux solides peut être une solution attrayante, car elles peuvent se propager sur de longues distances et peuvent également fournir des informations utiles sur l'état de santé de la structure solide. L'objectif de ce travail est de comparer le comportement de différentes techniques de modulation et de démodulation à différentes fréquences et différents débits en construisant une plate-forme expérimentale pour la communication ultrasonore par ondes guidées. De plus, un algorithme de démodulation basé sur les concepts d'intercorrélation et de compensation de dispersion est développé et testé pour assurer une communication fiable dans des plaques endommagées.

3.7 Traitement acoustique à base de transducteurs pour des applications aéronautiques

T. Abily^(a), *J. Regnard*^(b), *G. Gabard*^(c), *S. Durand*^(c)

^(a) LAUM UMR CNRS 6613, Avenue Olivier Messiaen, Le Mans (France) et SAFRAN Aircraft Engines, Rond-point René Ravaud, Moissy-Cramayel (France)

^(b)SAFRAN Aircraft Engines, Rond-point René Ravaud, Moissy-Cramayel (France)

^(c) LAUM UMR CNRS 6613, Avenue Olivier Messiaen, Le Mans (France)

thibault.abily@univ-lemans.fr

Selon les directives ACARE de 2050, les traitements acoustiques des réacteurs d'avion devront répondre à des spécifications contradictoires : garantir une efficacité aux basses fréquences tout en réduisant la zone de traitement à appliquer et l'épaisseur. Le sujet de cette thèse porte ainsi sur l'étude de concepts pour de nouveaux traitements acoustiques, basés sur l'utilisation de transducteurs. L'utilisation de transducteurs permet de coupler plusieurs domaines de la physique ensemble comme l'acoustique, la mécanique et l'électronique. Des travaux précédents ont montré que ce genre de procédé pouvait amener à une grande efficacité en terme d'absorption acoustique avec et sans écoulement d'air pour une épaisseur de traitement moindre. Le travail présenté ici a pour but d'aider à comprendre les phénomènes clés mis en jeu afin de comprendre les zones de fréquences, la largeur de bande et l'efficacité d'absorption qu'il est possible d'obtenir. Pour ce faire une étude comparative est effectuée selon le type de transduction mais également sur la structure mécano-acoustique. L'ajout d'un shunt électronique aux bornes du transducteur et la forme de la structure seront également étudiés.

Pour cela, des modèles éléments finis (Finite Element Method) et à matrices de transfert (Transfert Matrix Method) sont utilisés. Les résultats seront comparés d'un point de vue absorption et pilotage fréquentiel. Au niveau de la structure mécanique, celle-ci devra être assez robuste au vu des spécifications d'intégrations, mais également performante en passif. Cela peut être réalisé par la prise en compte des pertes visco-thermiques, amenant ainsi un autre rôle pour la transduction.

Mots-clés : Aéronautique ; Transducteur ; Modélisation ; Absorption

3.8 Fluid-structure-piezoelectric simulations applied to flow-induced energy harvesters

C. Hoareau^(a), L. Shang^(a), A. Zilian^(a)

^(a)Institute of Computational Engineering, FSTC, University of Luxembourg , Luxembourg

christophe.hoareau@uni.lu

The subject deals with the simulation of flow-induced energy harvesters. We focus in particular on the modelling of autonomous piezo-ceramic power generators to convert ambient fluid-flow energy into electrical energy. The vibrations of an immersed electro-mechanical structure with large amplitude have to be taken into account in that case. One challenge consists in modelling and predicting the nonlinear coupled dynamic behaviour for the improved design of such devices. The set of governing equations is expressed in integral form, using the method of weighted residuals, and discretized with finite elements using the open source package FEniCS.

Preliminary results of separated problems using FEniCS will be detailed and discussed (e.g. Navier-Stokes with or without moving meshes, nonlinear elasticity, aeroelasticity and electro-mechanical coupling). The objective is to validate each problem independently before coupling all the phenomena in a monolithic framework. Those simulations involve nonlinearities at many levels of modeling. The perspective of using reduced order models to limit the computational cost (in time and memory) will be discussed in an outlook to this work.

3.9 A discrete approach to geometrically nonlinear vibrations of simply supported euler bernoulli beams with a linearly varying thickness

A. Moukhliiss^(a), A. Rahmouni^(a), R. Benamar^(b)

^(a)Laboratoire de Mécanique Productique et Génie Industriel (LMPGI) Université Hassan II Ain Chock, Ecole Supérieure de Technologie KM 7 Route El Jadida, Casablanca, Maroc.

^(b)Mohammed V University in Rabat - Ecole Mohammadia des Ingénieurs, Avenue Ibn Sina, BP 765 Agdal, Rabat, Maroc

anasmoukhliiss@gmail.com

A new model for geometrically non-linear free vibrations of simply supported beams with a thickness varying linearly along the beam axis is presented. The N-dof discret system for the beam examined consists on N masses placed at the ends of (N+1) massless bars connected by (N+2) torsional springs presenting the beam flexural rigidity. Each bar is assumed to behave as a longitudinal spring, presenting the normal force due to the large transverse vibration amplitudes and neglected in linear theory. The dynamical characteristics of the nonlinear system obtained are the mass tensor m_{ij} , the rigidity tensor k_{ij} and a fourth order tensor b_{ijkl} due to nonlinearity. The linearly varying thickness beam is discretised here by assigning the appropriate cross section area and the corresponding modulus of second moment of area as well as the average mass to each point of junction of the bars, depending on its position. The mass matrix, the linear rigidity matrix and the nonlinear rigidity tensor are then consequently expressed. After solution of the linear free vibration problem and determination of the linear eigenvalues and eigenvectors, the classical matrix transformation is performed, leading to a change from the initial basis i.e. the displacement (DB) - to the modal basis (MB), i.e. the linear mode shapes basis. The new nonlinear algebraic system obtained in (MB) is then solved by using the explicit method discussed in previous works. Explicit expressions for the nonlinear frequencies and mode shapes of the beam with a linearly varying thickness are obtained. The comparisons made are made with previous works show the effectiveness of the discrete model.

3.10 Modélisation de films et interfaces avec incertitudes

M. Gaborit^(a), *O. Dazel*^(b), *P. Göransson*^(c)

^(a)LAUM UMR CNRS 6613, Le Mans, France et MWL, KHT Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden

^(b) LAUM UMR CNRS 6613, Le Mans, France

^(c)MWL, KHT Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden

`gaborit@kth.se`

Films acoustiques, interfaces, incertitudes, méthodes numériques et matériaux poreux... voilà trois ans de thèse qui se terminent bientôt. Les panneaux acoustiques et en particulier leur couches de surface sont au centre de ce travail et ce poster retracera en quelque sorte l'ensemble de la thèse en cherchant à apporter une cohérence et possiblement discuter de la suite. Au total, différents travaux publiés ou en cours de publication seront discutés, le tout portant globalement sur les problèmes liés à la conception d'absorbeurs et à la prise en compte d'incertitudes dans ces systèmes. Cette communication évoquera le couplage entre méthodes numériques pour la prise en compte des films et des détails géométriques, la simplification de modèles pour les matériaux poro-élastiques et des stratégies pour la génération de réponses enveloppes.

3.11 Identification des excitations aéroacoustiques par problème inverse vibratoire dans le domaine temporel

E. Le Roux^(a), *C. Pézerat*^(a), *Q. Leclère*^(b), *J.-H. Thomas*^(a)

^(a)Laboratoire d'Acoustique de l'Université du MANS, UMR CNRS 6613, Le Mans (France)

^(b)Laboratoire Vibrations Acoustique, EA 677, INSA Lyon, Lyon (France)

erwan.le_roux@univ-lemans.fr

Une structure soumise à un champ de pression turbulent peut être excitée par couche limite turbulente. Il s'agit d'une excitation comportant deux composantes distinctes : convective et acoustique. La partie acoustique étant plus difficile à mesurer directement, son identification est réalisée par problème inverse, à partir de la mesure du champ vibratoire de la structure étudiée. La méthode utilisée est la méthode fréquentielle de Résolution Inverse Corrigée (RIC), une méthode dérivée de la méthode de Résolution Inverse Filtrée Fenêtrée (RIFF), adjoignant à cette dernière un coefficient correcteur. A des fins d'identification de champ de pression, la méthode RIC doit être adaptée à un emploi dans le domaine temporel. Cette adaptation passe dans un premier temps par une réécriture de la méthode et par l'ajout de nouveaux filtres. Le coefficient correcteur doit également être adapté en conséquence, pour prendre en compte ces filtres. Une méthodologie permettant d'automatiser le calcul de ce coefficient pour différents cas de figure est envisagée dans cette optique.

3.12 Modélisation angulaire des transmissions par engrenages pour la détection de défauts

A. Telbani^(a), A. Bourdon^(a), D. Rémond^(a)

^(a)Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, LaMCoS, F-69621, Villeurbanne, France

afaf.telbani@insa-lyon.fr

Les engrenages sont des organes de transmission de puissance qui sont utilisés dans toutes les branches de la mécanique, de l'horlogerie jusqu'aux réducteurs de l'industrie lourde. La surveillance de ces machines a fait l'objet de nombreux articles, cependant elle reste cloisonnée à une voix de transfert très traditionnelle, orientée vers une surveillance des phénomènes purement vibratoires, dans la plupart des cas en faisant l'hypothèse d'un régime stationnaire. Dans le but d'une surveillance plus globale de la machine, d'autres méthodes basées sur la mesure de la vitesse instantanée (IAS) s'avèrent pertinentes, remettant en cause un certain nombre d'hypothèses simplificatrices traditionnelles (non prise en compte de la rotation dans le modèle dynamique et régime stationnaire). Par ailleurs, elles ont conduit à proposer de nouvelles approches de modélisation originales, compatibles avec les approches classiques de type Eléments Finis, mais autorisant la prise en compte de couplage entre les excitations cycliques et les voies de transfert structurales.

On se propose ici de mettre en œuvre ces approches de modélisation sur des architectures de train simple dans un premier temps, pour modéliser un banc d'essai sur lequel on a récupéré le signal vitesse. Puis, dans un second temps sur une architecture plus complexe de train épicycloïdal dans la mesure où de nombreux couplages sont à prendre en compte avec plusieurs voies de transfert entre les différentes grandeurs physiques. Dans le cadre de cette architecture, l'analyse vibratoire se heurte à l'exploitation de signaux présentant de très fortes modulations liées au mouvement des zones de chargement.

3.13 Analyse numérique et expérimentale de vibrations non linéaires de structures élastiques et piézoélectriques. Modèles réduits et interactions modales

A. Givois^(a), O. Thomas^(b), J.-F. Deü^(c)

^(a) Arts et Métiers ParisTech, LISPEN EA 7515, 8 boulevard Louis XIV 59046 Lille, France et Conservatoire National des Arts et Métiers, LMSSC EA 3196, 292 rue Saint-Martin, 75141, Paris Cedex 03, France

^(b) Arts et Métiers ParisTech, LISPEN EA 7515, 8 boulevard Louis XIV 59046 Lille, France

^(c) Conservatoire National des Arts et Métiers, LMSSC EA 3196, 292 rue Saint-Martin, 75141, Paris Cedex 03, France

arthur.givois@ensam.eu

Ce travail concerne l'analyse et la modélisation de structures minces en vibrations de grande amplitude avec transduction piézoélectrique. Ce type de système électromécanique est utilisé dans de nombreuses applications, telles que les microsystèmes électromécaniques (MEMS) ainsi que les systèmes de contrôle ou de récupération d'énergie. On propose ici une stratégie numérique pour calculer efficacement la dynamique non-linéaire de ce problème couplé électromécanique avec des non-linéarités géométriques. La méthodologie est fondée sur des modèles réduits modaux, obtenus à partir de modèles analytiques ou par des formulations numériques éléments-finis originales. Dans ce dernier cas, les modèles réduits sont obtenus de manière non intrusive en utilisant des codes de calculs existants. Ces modèles sont ensuite résolus par une procédure de continuation de solutions périodiques. Cette thèse présente des résultats originaux de validation des méthodes non-intrusives, d'une part, et de convergence des modèles réduits, d'autre part, pour des structures minces de référence. Une stratégie expérimentale est également proposée pour mettre en évidence des phénomènes non-linéaires sur une structure avec actionnement et détection piézoélectriques complètement intégrés. Une méthode de continuation expérimentale, fondée sur le contrôle de la phase, est utilisée pour mesurer la réponse du système en régime libre (les modes non linéaires) et en régime forcé périodique. Des réponses vibratoires complexes, liées à des résonances internes entre modes, sont mesurées et caractérisées précisément, dans le cadre de vibrations asymétriques de plaques circulaires élastique et piézoélectrique.

4 Session 4	50
4.1 Nonlinear vibration of gears	51
4.2 Caractérisations des structures courbes et complexes	52
4.3 Diagnostic des défauts mécaniques d'un hélicoptère par analyse des signaux vibratoires et acoustiques capturés par smartphone/-tablette	53
4.4 Modèle réduit périodique hétérogène pour la prédiction du comportement dynamique de la voie ferrée	54
4.5 Méthodologie pour la mesure des caractéristiques acoustiques 3D du turbocompresseur en fonctionnement confiné dans la boucle d'air moteur	55
4.6 Dynamic characterization of a honeycomb sandwich structure in a wide frequency range	56
4.7 Application industrielle des structures périodiques aux avions/lanceurs	57
4.8 Développement d'un système de mesures acoustiques de référence aux basses fréquences et fort niveau à l'aide d'un tube de Kundt court	58
4.9 Méthodologie de correction de phénomènes vibratoires lors d'opération d'usinage sur site	59
4.10 Angular velocity and cyclo(non)stationarity as an innovation in machining monitoring	60
4.11 Modélisation numérique vibro-acoustique d'une oreille artificielle dédiée à l'étude de protecteurs auditifs individuels	61
4.12 Shunt piézoélectrique pour l'amortissement vibratoire d'hydrofoils	62
4.13 Vibrations et Bruit de structures périodiques induites par chargement fluide	63

4.1 Nonlinear vibration of gears

E. Abboud^(a), *O. Thomas*^(b), *A. Grolet*^(b), *H. Mahe*^(c)

^(a)Arts et Métiers- Lille et VALEO (CEPN)-Amiens

^(b)Arts et Métiers-Lille

^(c)VALEO (CEPN)-Amiens

eddy-abboud@hotmail.com

Les architectures actuelles des motorisations hybrides ou électriques des véhicules automobiles incluent des transmissions par engrenages en sortie du moteur électrique, pour adapter la vitesse de rotation à celle des roues du véhicule. Ces engrenages sont la source de vibrations qui se propagent par voie solidienne jusqu'au carter du système, qui se retrouve être les sources acoustiques du bruit rayonné. Ces bruits, non masqués par un bruit de moteur, affectent le confort de l'utilisateur. La maîtrise de ces bruits est ainsi un enjeu majeur pour les constructeurs automobiles actuels. Les sources de vibration dans les transmissions de puissance par engrenages sont nombreuses. On peut citer par exemple l'acyclism du couple de sortie du moteur qui entraîne des fluctuations de la vitesse de rotation ou encore des phénomènes de variation périodique de la raideur d'engrènement sous couple, qui produisent une excitation vibratoire dite paramétrique, qui produit un bruit caractéristique de sirènement. Il existe aussi des phénomènes d'impacts liés aux jeux fonctionnels entre les dents, principalement observés à bas couple, qui sont également source de bruit, dit de martèlement ou gaillonnement. Le but de cette thèse est de mettre en place des modèles numériques à même de représenter le comportement vibratoire des systèmes d'engrenage. On considérera des systèmes d'engrenage de type réducteur et on s'intéressera aux points suivants : États de l'art des modèles de vibration dans les engrenages Analyse, modélisation et simulation de la dynamique des engrenages Réduction des vibrations et récupération d'énergie.

4.2 Caractérisations des structures courbes et complexes

M. N. Bin Fazail^(a), *J.-D. Chazot*^(a), *N. Atalla*^(b)

^(a)Technologie de Compiègne en France, au Laboratoire Roberval (FRE CNRS)

^(b)Université de Sherbrooke au Canada,

`muhammad-najib.bin-fazail@etu.utc.fr`

La plupart des méthodes numériques vibroacoustiques sont basées sur des données d'entrée pas toujours simples à estimer, et il faut bien souvent les mesurer sur un échantillon de la structure.

Parmi les différentes méthodes de mesure, on peut citer la méthode Inverse Wave Correlation Method (IWCM) qui permet de caractériser la structure à partir d'une mesure vibratoire en passant dans le domaine des nombres d'onde. Cette méthode a déjà été utilisée pour caractériser les propriétés élastiques d'une structure homogène, multicouche, et d'une structure raidie. Elle a aussi été adaptée à la caractérisation de l'amortissement. Cependant, à notre connaissance, elle n'a pas encore été adaptée aux structures courbes raidies, et elle ne prend pas en compte des conditions limites complexes que l'on trouve en pratique dans les voitures, les trains ou les avions. Nous souhaitons donc étendre la méthode à ce type de structure et de conditions limites pour en améliorer la caractérisation.

Le premier objectif de la thèse est la mise en place et la validation de la méthode IWC pour des structures courbes avec différents degrés de complexité : simple couche vs multicouche, avec et sans raidisseurs. Nous souhaitons obtenir au final une méthode de caractérisation adaptée aux structures courbées et complexes, plus précise et plus robuste que les méthodes utilisées actuellement (homogénéisation, poutre Oberst, méthode de la bande passante à -3dB, méthode inverse SEA). Nous comparerons donc nos résultats avec les différentes méthodes disponibles en espérant obtenir des améliorations significatives, notamment en haute fréquence.

4.3 Diagnostic des défauts mécaniques d'un hélicoptère par analyse des signaux vibratoires et acoustiques capturés par smartphone/-tablette

Y. Hawwari^(a)

^(a)Laboratoire Vibrations Acoustique - INSA Lyon

yasmine.hawwari@insa-lyon.fr

Les hélicoptères sont des systèmes complexes dont il convient de suivre les performances en continuité afin de garantir l'impératif absolu de la sécurité du vol. Ceci mène à la nécessité d'un diagnostic complet notamment des défauts mécaniques surgissant au niveau des boîtes de vitesses, aubes... etc. Ces défauts potentiels seront révélés essentiellement, à travers l'analyse des signaux acoustiques enregistrés, à bord ou au sol, par un téléphone portable ou un outil d'enregistrement portatif, d'où l'originalité de cette thèse. Ces mesures low-cost en plus de la complexité du système étudié feront appel à des méthodes de traitement capables de tirer l'information du diagnostic pertinente. Les signaux vibratoires viendront compléter cette analyse en servant, par exemple, à l'estimation de la vitesse instantanée qui est a priori, inconnue. La méthodologie proposée devrait être robuste et adaptée à tout régime de fonctionnement. Elle devrait également être capable de séparer les différentes familles cinématiques existantes dans le signal. Ensuite, elle devrait être sensible à la nature statistique de chaque défaut mécanique en séparant les phénomènes déterministes des phénomènes aléatoires. Ainsi les outils du traitement du signal seront adaptés à chaque type de défaut afin de pouvoir statuer sur l'état de santé de la partie mécanique liée à cette signature extraite du signal.

4.4 Modèle réduit périodique hétérogène pour la prédiction du comportement dynamique de la voie ferrée

H. Pinault^(a), E. Balmes^(b), E. Arlaud^(c), R. Cottureau^(d)

^(a)SNCF Réseau, Direction Générale Industrielle et Ingénierie et Arts et Métiers, PIMM

^(b)SDTools et Arts et Métiers, PIMM

^(c)EA 3634, Ecole Navale, 29 240 Brest

^(d)Aix-Marseille Univ, LMA

hadrien.pinault@ensam.eu

À SNCF Réseau, l'amélioration continue des structures de voie ferrée se fait principalement par le retour d'expérience de la maintenance et de l'exploitation, ainsi que par des essais en voie. Disposer d'un modèle numérique de la voie ferrée capable d'en prédire le comportement dynamique permettrait d'éviter ces processus longs et coûteux. Il autoriserait également d'expérimenter de nouveaux designs pour la conception des futures voies ferrées.

Un modèle réduit périodique par morceaux de la voie (nommé DYNAVOIE) a été repris et deux principales pistes d'amélioration ont été étudiées. Tout d'abord, un modèle hétérogène compatible avec la formulation Éléments Finis (FEM) a été développé pour le ballast (milieu granulaire recouvrant les voies). Il a été montré que l'ajout de cette hétérogénéité engendre la création de modes locaux. Cependant, ils ne semblent pas avoir d'influence sur le comportement vibratoire en dessous de 100 Hz.

D'autre part, le rayonnement des ondes dans le sol a été pris en compte grâce à l'implémentation d'une formulation temporelle des PML (Perfectly Matched Layers), des frontières absorbantes compatibles avec le modèle FEM périodique. Le comportement dynamique de la voie aux basses fréquences est notablement modifié, conformément aux mesures en voie. La méthode de réduction de modèle a dû être adaptée pour conserver l'efficacité du modèle.

Avec ces améliorations, des études paramétriques pourront être lancées afin d'obtenir des nouveaux critères de dimensionnement des voies ferrées.

4.5 Méthodologie pour la mesure des caractéristiques acoustiques 3D du turbocompresseur en fonctionnement confiné dans la boucle d'air moteur

Y. Tadjou^(a), A. Millot^(b), J.-D. Chazot^(c)

^(a)CRITT M2A / UTC

^(b)CRITT M2A

^(c)UTC

ytadjou@critt2a.com

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

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

Cependant ils sont eux aussi source de pollution sonore et d'inconfort pour un véhicule en fonction du choix du modèle de turbo par le motoriste et des optimisations de ligne d'air véhicule réalisées. L'objectif des travaux ici est de caractériser acoustiquement le turbocompresseur en fonctionnement, et sur une large bande de fréquence (100Hz-10kHz), en donnant la matrice de diffusion du turbocompresseur et la puissance acoustique rayonnée dans les conduits en amont et en aval du compresseur. Pour se faire, on souhaite mettre au point un banc de mesure acoustique dédié au turbocompresseur avec une méthode de caractérisation multimodale permettant d'aller en haute fréquence.

Ces résultats pourront être utilisés par les constructeurs de véhicules en données d'entrée pour les simulations de bruit de passage dans le cadre des synthèses véhicules ou dans le dimensionnement des silencieux et traitements acoustique pour les lignes d'air véhicule.

4.6 Dynamic characterization of a honeycomb sandwich structure in a wide frequency range

F. Marchetti^(a), *K. Ege*^(b), *Q. Leclère*^(b), *B. Roozen*^(c)

^(a) LVA, INSA-Lyon

^(b) LVA, INSA-Lyon

^(c) KU Leuven

fabien.marchetti@insa-lyon.fr

In this presentation we report about measurements that were conducted on a sandwich structure with a honeycomb core to obtain dispersion relationships. Measurements were performed by means of a 3D laser Doppler vibrometer, allowing the assessment of the out-of-plane and in-plane displacements of the sandwich structure due to piezo excitation. In addition, similar laser Doppler measurements were performed using a pump laser to excite the sandwich structure through the photo-acoustic effect. The measurements show the clear advantage of the 3D laser Doppler to identify inplane modes of the structure more clearly as compared to an out-of-plane measurement-only. Furthermore the pump laser excitation is able to go up to very high frequencies (upto 500 kHz). Dispersion measurement results obtained by using wave fitting methods (Hankel and IWC : Inhomogeneous Wave Correlation) are shown. These results are compared to the Lamb wave theory and an equivalent analytical model.

4.7 Application industrielle des structures périodiques aux aéronefs/-lanceurs

G. Tufano^(a)

^(a)Vibroacoustics and Complex Media Research Group, LTDS, École Centrale de Lyon, 36 Avenue Guy de Collongue, 69134, Écully, France et Noise and Vibration Research Group, PMA, KU Leuven, Celestijnenlaan 300B, B-3001, Heverlee, Belgium

giovanni.tufano@ec-lyon.fr

Les structures aérospatiales deviennent de plus en plus légères, essayant d'éviter toute réduction de la résistance. Rendre la structure plus légère a quelques inconvénients, comme l'exposition de mauvaises performances vibroacoustiques et une augmentation des niveaux de vibration.

Les matériaux composites, les géométries complexes et les nouveaux concepts de design sont largement utilisés, ce qui fait de l'étude et de la prévision de la réponse vibro-statique de ces structures un énorme défi pour les ingénieurs. Une des méthodes les plus utilisées est la modélisation par éléments finis (FE), mais l'énorme quantité de degrés de liberté associée à un coût de calcul élevé limite son utilisation dans la gamme de basse fréquence.

Récemment, une approche énergétique a été dérivée à partir de la méthode de Prony, la méthode de corrélation d'onde inhomogène (IWC). Cette approche s'applique dans la gamme des fréquences moyennes et hautes, où le recouvrement modal est assez élevé.

Une version étendue de la méthode IWC est dérivée, permettant de décrire les courbes de dispersion des structures complexes : plaques composites, panneaux raidis, coquilles courbes composites et panneaux courbés raidis. Une analyse complète des caractéristiques de dispersion est effectuée, même en présence d'éléments périodiques, décrivant les band-gaps directement corrélés dans certaines régions de fréquence. Une estimation numérique et expérimentale du facteur de perte d'amortissement structurel est calculée. Une description de la dynamique locale en présence de résonateurs à petite échelle, de l'effet de périodicité et de l'identification du comportement multimodal sont également capturés, soit par simulation soit expérimentalement.

4.8 Développement d'un système de mesures acoustiques de référence aux basses fréquences et fort niveau à l'aide d'un tube de Kundt court

M. Volpe^(a), S. Bellizzi^(a), R. Côte^(b)

^(a)LMA, CNRS, UPR 7051, Centrale Marseille, Aix-Marseille Univ

^(b)Aix-Marseille Univ, CNRS, LMA, UPR 7051, Centrale Marseille

volpe@lma.cnrs-mrs.fr

De nombreux absorbeurs acoustiques dédiés à la réduction du bruit dans les basses fréquences sont basés sur des propriétés non-linéaires. Ces non-linéarités peuvent porter sur la rigidité (absorbeurs vibro-acoustiques non-linéaires de type NES, ...) ou sur la dissipation (plaques micro-perforées, membranes nano-fibreuses, ...).

L'objectif de ce travail est de développer des techniques d'identification permettant de caractériser des éléments non-linéaires à basses fréquences. Par analogie avec les systèmes linéaires, le comportement des absorbeurs est décrit par une impédance et un coefficient de réflexion. Une configuration spécifique de tube d'impédance à un microphone appelée Short Kundt's Tube a été conçue pour pouvoir atteindre des niveaux sonores très élevés aux basses fréquences. La mesure est réalisée à l'aide d'un seul microphone et une phase d'étalonnage de la source est nécessaire.

Deux approches, développées dans le domaine fréquentiel, sont discutées. La première est définie comme une méthode de linéarisation et donne accès aux caractéristiques acoustiques des absorbeurs en fonction du niveau d'excitation de la source. Cependant, cette méthode d'évaluation linéarisée n'est pas suffisante pour estimer les échanges d'énergie entre harmoniques.

La seconde approche est basée sur un modèle non linéaire capable de caractériser le transfert d'énergie vers des harmoniques plus élevées. Il est défini comme une matrice de diffusion reliant les composantes harmoniques des amplitudes des ondes de pression incidentes et réfléchies.

Lorsqu'elle est appliquée à des signaux sinus et sinus balayé, des résultats similaires sont observés.

Ces travaux sont appliqués à une membrane visco-élastique et un haut-parleur, tout deux agissant comme absorbeurs.

4.9 Méthodologie de correction de phénomènes vibratoires lors d'opération d'usinage sur site

C. Langrand^(a), *M. Masset*^(a)

^(a)Tacquet Industries

c.langrand@tacquet-industries.fr

Dans le monde industriel actuel, la maintenance corrective et préventive joue un rôle prépondérant pour assurer une activité sans perte de production. Cela l'est d'autant plus si les industriels n'ont pas la possibilité de déplacer leurs équipements défectueux afin de les réhabiliter. Pour palier à ces difficultés, une activité existe : c'est l'usinage sur site.

Toutefois, lors de nos opérations d'usinage sur site, on se heurte régulièrement à des phénomènes vibratoires issus de l'interaction dynamique entre l'outil et la pièce. Ces vibrations sont généralement à l'origine de dégradation de la pièce usinée et/ou de l'outil. Il devient donc nécessaire de contrôler ou d'éliminer l'apparition de ce phénomène.

Aussi, nous présenterons nos résultats pour les deux approches qui ont été développées. L'une consiste à prédire les vibrations grâce à des modélisations de plus en plus élaborées des opérations d'usinage. La deuxième est une approche plus expérimentale, d'instrumentation des machines dans le but de surveiller et de comprendre le comportement de l'outil pendant l'usinage sur site.

4.10 Angular velocity and cyclo(non)stationarity as an innovation in machining monitoring

X. Zhu^(a), F. Girardin^(a), J. Antoni^(a)

^(a)Laboratoire Vibrations Acoustique (LVA) - INSA Lyon - Campus LyonTechla Doua - 69621 Villeurbanne Cedex - France

xiaowen.zhu@insa-lyon.fr

Under the long-term operation of CNC machine, especially when facing the challenge of new emerging materials and complex structures, the inserts are prone to wear or even have a complete breakdown. To minimize the capital loses, it is critical to perform the predictive maintenance with condition monitoring (CM).

In this method, CM is based on angular velocity collecting by the rotary encoder integrated. To produce an actionable information, the objective is extraction of a widely applicable index presenting abnormal tool wear. Considering the stress/direction changes caused by non-straight-line milling, this indicator should also be independent of the trajectory to fit the cyclo-non-stationary case.

It is assumed that if a specific tooth wears/breaks, the cutting condition of its corresponding process tend to be modified and the subsequent insert will perform a compensated overload work. On this basis, we attempted to construct an indicator with adaptive cross-correlation function among several inserts by referring the cyclostationary signal processing. This treatment can eliminate the misjudgments result from the sudden change of parameters caused by the trajectory transformation. Meanwhile, the work of unifying the trajectory angle and the spindle rotation angle into one system is also actualized to correct the variations of the phase/period during the path change.

The ultimate goal is to master the update of real-time cutting conditions and to find an intuitive indicator determining the current status of in-service equipment to predict the wear/-breakage of the tool whatever the complexity of trajectory.

4.11 Modélisation numérique vibro-acoustique d'une oreille artificielle dédiée à l'étude de protecteurs auditifs individuels

S. Benacchio^(a), *O. Doutres*^(b), *F. Sgard*^(c)

^(a) École de technologie supérieure, Montréal, Canada

^(b) École de technologie supérieure, Montréal, Canada

^(c) Institut de recherche Robert Sauvé en santé et sécurité du travail, Montréal, Canada

sbenacchio@centrale-marseille.fr

Selon une étude de l'INRS publiée en 2012, 3 millions de salariés Français sont exposés à des risques liés au bruit sur leur lieu de travail. Pour protéger les travailleurs d'éventuelles pertes auditives, une solution largement répandue est le recours à des protecteurs auditifs individuels. Cependant, l'inconfort lié à l'utilisation de ces protecteurs limite leur durée de port et donc leur efficacité. Cet inconfort, qu'il soit acoustique ou physique, reste difficilement quantifiable à l'aide de grandeurs mesurables qui permettraient pourtant d'aider les fabricants à concevoir et les utilisateurs à choisir des protecteurs efficaces et confortables. Il est donc nécessaire d'identifier ces grandeurs et de proposer des moyens de les mesurer. Dans cette optique, cette étude se concentre sur le développement de modèles numériques basés sur la méthode des éléments finis et dédiés à l'étude de deux indicateurs liés à la dimension acoustique du confort des protecteurs : l'atténuation sonore et l'effet d'occlusion. Ils sont respectivement calculés à l'aide des pressions acoustiques au tympan lorsque le conduit auditif est ouvert et occlus par le protecteur pour une excitation acoustique et une excitation solidienne. Dans ce dernier cas, les vibrations sont transmises au tympan par les tissus entourant le conduit auditif (tissus mous, cartilage, os). Les résultats obtenus grâce aux modèles numériques développés sont comparés à des résultats expérimentaux mesurés sur des oreilles artificielles réalistes. Les difficultés et les perspectives liées à l'utilisation de ces modèles sont discutées.

4.12 Shunt piézoélectrique pour l'amortissement vibratoire d'hydrofoils

L. Pernod^(a), B. Lossouarn^(b), J.-A. Astolfi^(c), J.-F. Deü^(b)

^(a)Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés (LMSSC), Conservatoire national des arts et métiers (Cnam), 292 Rue Saint-Martin, 75 003 Paris, Et Institut de Recherche de l'Ecole Navale (IRENav), EA 3634, Ecole Navale, 29 240 Brest

^(b)Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés (LMSSC), Conservatoire national des arts et métiers (Cnam), 292 Rue Saint-Martin, 75 003 Paris,

^(c)Institut de Recherche de l'Ecole Navale (IRENav),

laetitia.pernod@lecnam.net

Ce travail s'intéresse à une stratégie de contrôle dynamique de surfaces portantes marines visant à réduire leur amplitude vibratoire par couplage piézoélectrique. En effet, sous certains régimes d'écoulement, les surfaces portantes marines peuvent être sujettes à des phénomènes de vibrations sous écoulement, caractéristiques de couplages fluide-structure forts. Ces vibrations s'avèrent particulièrement néfastes car elles conduisent à une diminution de la durée de vie par fatigue et à une détérioration de la discrétion acoustique. La compréhension physique des phénomènes de vibration sous écoulement, ainsi que la modification de la dynamique de la structure dans l'objectif d'une réduction de ces vibrations, présentent donc un fort intérêt applicatif. Une preuve de concept est proposée pour le contrôle du premier mode de flexion d'une plaque plane encastrée-libre sous écoulement hydrodynamique. La plaque est équipée de patchs piézo-électriques connectés à un shunt résonant purement passif constitué d'une inductance et d'une résistance. Une étude expérimentale des vibrations sous écoulement de la plaque montre qu'elle est soumise à deux régimes d'excitation en fonction de la vitesse d'écoulement : i) excitation large-bande due à la turbulence inhérente de l'écoulement incident et ii) excitation tonale correspondant à un forçage de la structure par lâcher tourbillonnaire au bord de fuite. Nous détaillons ensuite la conception et la mise en œuvre du shunt piézoélectrique résonant pour contrôler le premier mode de flexion pour les deux types d'excitation. Les résultats expérimentaux montrent une réduction de l'amplitude vibratoire ; notamment une division par trois de la valeur efficace des vibrations de la plaque.

4.13 Vibrations et Bruit de structures périodiques induites par chargement fluide

F. Errico^(a)

^(a)Laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes, Ecole Centrale de Lyon, France et Department of Industrial Engineering, Aerospace Section, Università di Napoli Federico II, Italy

fabrizio.errico@ec-lyon.fr

Les vibrations induites par l'écoulement fluide sont entre les principales causes de niveaux sonores élevés et donc de confort interne réduit, pour presque tous les moyens de transport modernes dans l'industrie aéronautique, automobile, navale et ferroviaire. La simulation des niveaux de vibration et bruit est donc essentielle avant la structure devient opérationnelle.

Même si des approches analytiques et numériques ont été élaborées dans la littérature, certaines limites persistent. Par exemple, l'effort de calcul peut facilement devenir lourd même pour des problèmes simples.

Ce travail propose deux approches numériques pour traiter les vibrations et le bruit induits sur les systèmes structurels périodiques en utilisant une seule sous-structure (1D ou 2D). Des méthodes WFE (Wave Finite Element) sont développées en combinaison avec une synthèse de charge basée sur le nombre d'ondes pour simuler la transmission sonore de structures plates et courbes.

Du point de vue expérimental, l'approche a été validée en comparant les résultats avec des mesures évaluée sur les panneaux de fuselage des avions (panneaux composites en nid d'abeille et panneaux courbes à double nervure) sous excitation diffuse du champ acoustique.

Enfin, les méthodologies présentées sont utilisées pour l'optimisation des plaques multicouches. Les conceptions standard du cœur sont modifiées en adaptant la propagation des ondes de flexion par rapport aux nombres d'ondes acoustiques. Les transmissions du son sont validées avec des mesures sur des modèles imprimés en 3D. De fortes augmentations de la perte de transmission sonore sont observées entre 1,5 kHz et 10 kHz, pour une masse fixe des plaques

Merci à nos sponsors

