



teobf

**sous l'égide des Groupes EXACT et GVB  
de la Société Française d'Acoustique  
au Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique  
Marseille**

**17-18-19 janvier 2018**



**Résumés des conférences**



## Conférences invitées

### **Détection, caractérisation et identification de non-linéarités en dynamique des structures.**

Gaetan Kerschen, Université de Liège, Belgique

[g.kerschen@ulg.ac.be](mailto:g.kerschen@ulg.ac.be)

Les non-linéarités telles que les non-linéarités matérielles, les non-linéarités d'amortissement et de contact se rencontrent de plus en plus fréquemment dans les applications de l'ingénieur. Toutefois, les informations à propos de celles-ci sont généralement limitées. Cet exposé détaille comment des mesures expérimentales peuvent être exploitées pour obtenir un modèle fiable de ces non-linéarités. Dans ce but, une procédure en trois étapes allant de la détection des non-linéarités à l'identification de leurs coefficients en passant par la caractérisation est proposée et illustrée sur une structure aérospatiale.

### **Méthodes de mesure et correction acoustique des salles aux basses fréquences.**

Hervé Lissek, EPFL, Suisse

[herve.lissek@epfl.ch](mailto:herve.lissek@epfl.ch)

Les méthodes standard de mesure en acoustique des salles impliquent des hypothèses de champs diffus. Cependant ces hypothèses ne sont plus vérifiées en-dessous de la fréquence de Schroeder, limitant la validité des mesures dans le bas du spectre audible (typiquement de 20 Hz à 200 Hz). Dans cette gamme de fréquences, une approche modale est alors indispensable. Cependant cette description modale rend pratiquement impossible leur caractérisation, et nécessite des approches plus pratiques.

Cette présentation s'intéressera au problème de la caractérisation acoustique des salles aux basses fréquences et de leur correction (égalisation acoustique). La première partie formulera le problème, et introduira une technologie d'absorption active aux basses fréquences. Les performances en termes d'égalisation acoustique (dans les domaines fréquentiel, temporel et spatial) seront présentées sur la base de simulations numériques, ainsi que quelques caractéristiques accessibles à la mesure, qui mettront en évidence l'intérêt de développer de nouvelles approches expérimentales. Finalement, nous présenterons une nouvelle méthode de caractérisation basée sur des techniques d'acquisition comprimée, permettant de prédire les champs acoustiques dans les salles sur la base d'un nombre limité de microphone. Cette méthode devrait permettre de caractériser les performances d'égalisation dans les salles aux basses fréquences, pour l'instant inaccessibles avec des méthodes conventionnelles.

### **Mesure d'absorption des matériaux acoustiques par antenne synthétique: le cas des basses fréquences.**

Alain Berry, GAUS, Université de Sherbrooke, Canada

[Alain.Berry@USherbrooke.ca](mailto:Alain.Berry@USherbrooke.ca)

La mesure du coefficient d'absorption de matériaux s'effectue habituellement par des méthodes normalisées : tube d'impédance en incidence normale, chambre réverbérante sous champ diffus. Cette mesure reste difficile aux basses fréquences (là où l'absorption est généralement faible et variable d'un matériau à l'autre), parce que les conditions d'essai deviennent prohibitives ou que les conditions théoriques sous-jacentes ne s'appliquent plus. Ce constat est exacerbé pour une mesure *in-situ* de l'absorption. La présentation détaillera une approche utilisant un doublet microphonique fixe et une source acoustique mobile à proximité d'un échantillon plan du matériau : la base de donnée des fonctions de transfert mesurées entre source mobile et doublet fixe est utilisée conjointement avec des approches de synthèse de champs sonores pour identifier en post-traitement l'absorption sous divers champs incidents – onde plane oblique, champ diffus, etc. La présentation s'attardera plus particulièrement sur les défis de l'approche aux basses fréquences, et comment ces défis peuvent être relevés.

## Session : Mesures de champs acoustiques et vibratoires

### **Campagnes de terrain pour l'étude de la propagation extérieure des ondes de souffle.**

Olaf Gainville, Jean-Marc Koenig

[olaf.gainville@free.fr](mailto:olaf.gainville@free.fr)

CEA, DAM, DIF, Arpajon.

Les explosions de faible énergie génèrent des ondes de souffle dont les fréquences inférieures à quelques dizaines de Hertz peuvent se propager jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres. Cette propagation est fortement affectée par la topographie, la végétation et les conditions météorologiques. L'étude de ces effets nécessite la mise en place de campagnes expérimentales pendant plusieurs mois pour des sources maîtrisées. Des chaînes de mesures autonomes et robustes ont été développées pour enregistrer les ondes acoustiques entre 0,1 Hz et 100 Hz. Elles ont permis de constituer une base de données composée de 2500 signaux d'ondes de souffle pour 300 explosions d'un site pyrotechnique. Dans cette présentation, nous décrivons les capteurs développés, leur mise en oeuvre sur le terrain et les principales statistiques des signaux acoustiques enregistrés lors de cette campagne. Cette base de données a pour objectif de valider les codes de simulation de la propagation des ondes de souffle.

### **Estimation stochastique d'un écoulement compressible décollé.**

Sébastien Piponniau, Pierre Dupont

[sebastien.piponniau@univ-amu.fr](mailto:sebastien.piponniau@univ-amu.fr)

Institut universitaire des systèmes thermiques industriels, CNRS, Aix-Marseille Université.

Les interactions entre une onde de choc /couche limite turbulente sont caractérisées par la présence d'un bulbe décollé instationnaire, dont les fréquences caractéristiques sont typiquement deux ordres de grandeurs plus faibles que celles de la couche limite amont et dont l'origine n'est toujours pas comprise. De récents travaux suggèrent un lien entre ces basses fréquences et la dynamique moyenne fréquence de la couche cisailée se développant au dessus du bulbe de recirculation. Pour étudier ce lien, des mesures spatio-temporelles sont nécessaires, mais les systèmes métrologiques PIV résolus en temps actuels se trouvent encore limités pour les gammes de fréquences présentes dans de tels écoulements.

On se propose alors, pour palier ces limitations, d'utiliser des mesures simultanées de pression pariétales instationnaires résolues en temps, et de champs de vitesses acquis par PIV classique. La dynamique du bulbe de recirculation sera ensuite analysée par une décomposition aux valeurs propres (POD) couplée à une reconstruction des champs de vitesses par estimation stochastique linéaire : cette méthode, similaire à une moyenne conditionnelle, permet d'estimer les champs de vitesses au temps d'acquisition des mesures de pression. On montrera l'intérêt d'une telle méthode dans la reconstruction de la dynamique basse fréquence de l'interaction.

### **Mesurer la réponse d'un microphone en basses fréquences.**

Christophe Langrenne (1), Philippe Chenevez (2)

[christophe.langrenne@lecnam.net](mailto:christophe.langrenne@lecnam.net)

(1) Laboratoire de Mécanique des Structures et Systèmes Couplés, CNAM, Paris.

(2) Cinema Electronique Acoustique.

La société Cinela fabrique des protections anti-vent pour microphones, adaptées à la prise de son cinématographique. Afin de caractériser leur influence en basses fréquences (< 200/300 Hz), Cinela recherche un moyen expérimental, simple et de dimensions réduites, pour faire des courbes de réponse et de directivité. Le CNAM propose une méthode en tube muni de plusieurs microphones de référence pour séparer les ondes planes incidente et réfléchie. Une première expérimentation sera menée pour optimiser la méthode sur un tube de petit diamètre (7 cm) : tube fermé, ouvert ou avec un matériau absorbant. Au besoin, l'atténuation de l'onde réfléchie pourra être contrôlé par un autre haut-parleur placé à l'opposé. Le placement des microphones de référence sera étudié (avant ou après le microphone d'étude) ainsi que l'incidence de leur calibration (calibration obligatoire ou méthode d'inversion de références pour s'en affranchir).

Ces premiers essais devraient permettre de donner les directives quant à la réalisation du tube final de diamètre 50/60 cm qui doit contenir le microphone muni de sa protection : longueur, placement des microphones de références, extrémité du tube, etc...

### **Mesures basses fréquences des performances des silencieux de grandes dimensions.**

François Fohr, Eric Portier

[ffohr@cttm-lemans.com](mailto:ffohr@cttm-lemans.com)

CTTM, LeMans.

La norme NF EN ISO 7235:2009 est incontournable lorsqu'il s'agit de déterminer les performances acoustiques des silencieux à baffles pour circuits de ventilation industriels. Elle décrit une méthode par substitution (mesures conduit vide puis avec silencieux) utilisant une veine d'essais débouchant dans une salle réverbérante.

Dans le domaine des basses fréquences, notamment pour les deux premières bandes d'octave centrées sur 63 et 125 Hz, la mise en œuvre de la norme donne des résultats très dispersés, aussi bien en termes de répétabilité que de reproductibilité (essais inter-laboratoires).

Cette dispersion peut être attribuée à quatre phénomènes distincts :

- La modification des modes de la veine d'essais en présence du silencieux,
- Les variations de comportement de la source de bruit large bande en présence du silencieux,
- La présence de modes résiduels dans la salle réverbérante,
- Le rayonnement par couplage vibro-acoustique de la veine d'essai.

Cet article présente des résultats expérimentaux qui mettent en évidence ces différents facteurs d'erreur et propose une méthodologie plus adaptée à la caractérisation des silencieux dans les basses fréquences. Cette méthode est basée sur une mesure de perte par transmission et l'utilisation d'une terminaison anéchoïque adaptée aux très basses fréquences.

### **La vision 3D appliquée à la mesure de vibrations basses fréquences.**

Thomas Durand-Texte (1,2), Elisabeth Simonetto (1), Stéphane Durand (1), Marie-Hélène Moulet (3), Manuel Melon (2)

[manuel.melon@univ-lemans.fr](mailto:manuel.melon@univ-lemans.fr)

(1) Laboratoire de Géodésie et de Géomatique. (2) Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, Le Mans. (3) Centre de Transfert de Technologie, Le Mans.

En vibro-acoustique, la mesure des déformées structurelles dynamiques permet de prédire le rayonnement acoustique de sources de bruits. Classiquement, ces mesures sont effectuées à la surface de l'objet d'intérêt avec des accéléromètres ou un vibromètre laser. Des méthodes inverses sont aussi utilisées : holographie de champ proche, méthode RIFF, etc. Une alternative récente repose sur un montage de stéréovision qui, avec deux caméras ultra-rapides, permet d'obtenir deux points de vue d'un objet depuis deux angles différents afin de reconstruire sa forme tridimensionnelle au cours du temps et d'obtenir ainsi des déformées dynamiques plein champ. Ici nous utilisons le système "pseudo-stéréo", qui, grâce à un jeu de miroirs, regroupe les deux points de vue sur une seule caméra, réduisant ainsi le coût du système et supprimant les problèmes de synchronisation du système stéréo. Le montage, optimisé à partir de simulations, a été testé avec succès sur deux sources : une plaque en aluminium plane et une membrane conique de haut-parleur. Les résultats obtenus sont comparés à ceux de techniques de mesure usuelles, afin de discuter des avantages et des inconvénients de la vision 3D pour la mesure de déplacements sub-millimétriques.

### **Evaluation of the health effects related to low frequency noise and infrasound from wind farms: results and conclusions from an independent collective expertise in France.**

Philippe Lepoutre (1), Paul Avan (2), Anthony Cadene (3), David Ecotiere (4), Anne-Sophie Evrard (5), Frédérique Moati (6), Esko Toppila (7)

[philippe.lepoutre@acnusa.fr](mailto:philippe.lepoutre@acnusa.fr), [david.ecotiere@cerema.fr](mailto:david.ecotiere@cerema.fr)

(1) Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA)

(2) Laboratoire Biophysique Neurosensorielle, UMR Inserm 1107, Université de Clermont-Ferrand

(3) ANSES, Dpt d'Evaluation des Risques. (4) CEREMA, Unité de Recherche en Acoustique de l'Environnement. (5) IFSTTAR, UMR Epidémiologique et Surveillance Transport Travail Environnement (6) Université Paris-Sud11, APHP. (7) Finnish Institute of Occupational Health, Finlande.

Several complaints were expressed by some residents of French wind farms, putting forward infrasound and low frequency noise (ILFN) as a potential source of annoyance. Since available information on this subject are multiple and often contradictory, the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES) was mandated by the French Ministry of Environment to conduct an independent collective expertise on the evaluation of the health effects related to ILFN from wind farms. The objective was first to produce a complete review on auditory and non auditory health effects due to WTN, focusing on ILFN ; then, to collect experimental ILFN data from some wind farms in order to compare with data from the literature ; and finally to propose some improvements in the process of wind farm assessment or of impact studies, concerning ILFN. This paper presents the main results and conclusions of this expertise.

### **Effets allégués de l'exposition aux infrasons inaudibles, réalité ou effet nocebo ?**

Paul Avan (1), Philippe Lepoutre (2), Anthony Cadene (3), David Ecotière (4), Anne-Sophie Evrard (5), Frédérique Moati (6), Esko Toppila (7)

[paul.avan@uca.fr](mailto:paul.avan@uca.fr)

(1) Laboratoire de Biophysique Neurosensorielle, UMR Inserm 1107, Université de Clermont-Ferrand. (2) Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA). (3) ANSES, Dpt d'Evaluation des Risques. (4) CEREMA, Unité de Recherche en Acoustique de l'Environnement (5) IFSTTAR, UMR Epidémiologique et Surveillance Transport Travail Environnement (6) Université Paris-Sud11, APHP. (7) Finnish Institute of Occupational Health, Finlande.

L'expansion des aérogénérateurs se heurte à l'opposition d'associations de riverains qui invoquent les nuisances liées aux infrasons émis (rapport ANSES du 30 mars 2017). Des incidents diplomatiques récents rappellent que les infrasons sont souvent incriminés en cas de "trouble" inexplicable de la santé, mais sans preuve, faute d'audibilité. Cependant, la possibilité qu'un son inaudible ait des effets physiologiques dommageables à point d'entrée auditif semble crédible, validée sur certains modèles animaux, et l'influence de certaines variantes anatomiques ou physiologiques a été documentée, ouvrant la possibilité d'une atteinte sélective de certains riverains. Les explications possibles passent par divers mécanismes cochléaires indépendants de l'audibilité du stimulus déclencheur, un trouble de l'homéostasie des liquides cochléaires entraînant un hydrope endolymphatique en cas d'exposition prolongée; l'aggravation de ce mécanisme par une anomalie anatomique du labyrinthe; un passage d'information par des fibres cochléaires apicales non auditives. Le stress de l'effet nocebo peut également avoir des traductions somatiques. Certains mécanismes ont une signature objective mesurable, et l'étude audiolologique d'échantillons de plaignants et non-plaignants résidant aux mêmes endroits en parallèle à des mesures acoustiques de terrain pourrait permettre d'affirmer ou éliminer l'hypersensibilité aux infrasons inaudibles.

### **Identification de sources par mesures en champ proche.**

Maryna Sanalati (1,2,3), Philippe Herzog (3), Manuel Melon (1), Guillermin Régine (3), Nicolas Poulain (2), Jean-Christophe Le Roux (2)

[manuel.melon@univ-lemans.fr](mailto:manuel.melon@univ-lemans.fr)

(1) Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, LeMans. (2) CTTM, LeMans. (3) Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, CNRS, Aix-Marseille Université, Centrale Marseille.

La mesure du rayonnement de sources acoustiques s'effectue généralement à l'aide de mesures microphoniques en environnement anéchoïque. Il est alors possible d'obtenir la réponse fréquentielle pour une direction particulière ou encore le diagramme de directivité de la source considérée. Cependant les salles anéchoïques sont très onéreuses et ont généralement des performances dégradées en dessous de 200 Hz. De plus, les diagrammes de directivité se mesurent en champ lointain, à une distance qui devient vite excessive aux basses fréquences. Enfin, un diagramme de directivité 3D avec une forte résolution angulaire peut demander plus de 2500 points de mesure. Nous proposons ici d'utiliser une méthode basée sur les "modes de rayonnements" qui permettent d'obtenir une décomposition liée à la forme générale de l'objet tout en utilisant un minimum de termes. Les coefficients pondérant les différents "modes" sont alors obtenus à partir d'une

procédure d'inversion et de mesures de pression obtenues en quelques dizaines de points (environ 40) au voisinage de la source testée, relaxant ainsi la contrainte d'anéchoïcité. Des exemples mettant en œuvre la méthode proposée seront présentés, pour des cas de mesure problématiques (salle peu traitée, source de grande taille, ...).

### **La réhabilitation acoustique durable des salles de conférences : Impact de la paille sur la correction acoustique de la salle de conférence du centre culturel Malek Haddad à Constantine.**

Dalal Farid ép.Ibrir, Hadj Ibrir

[ibrir.d25@hotmail.com](mailto:ibrir.d25@hotmail.com)

Universités Larbi Ben M' hidi Oum Bouaghi, Algérie.

La présente recherche s'articule autour d'une étude critique sur la caractérisation acoustique de la salle de conférence du centre culturel Malek Haddad. La modélisation et la simulation acoustique sur le logiciel Olive Tree Lab a permis de définir les performances des matériaux utilisés dans la réhabilitation acoustique. Les réponses impulsionnelles intégrées ont été mesurées pour déterminer les paramètres objectifs acoustiques: le temps de réverbération (TR), la clarté (C80), la force sonore (G) et l'indice (D50) selon les normes internationales ISO/DIS 3382-1. Suite à ces résultats, une recherche approfondie sur les matériaux écologiques disponibles a été entamée dans le but d'apporter des améliorations au cas étudié et la possibilité de généraliser les résultats. Notre choix a été fait sur les panneaux de paille épais 0,10 m recouvert par des panneaux MDF (Medium Density Fiber board ; qui sont des panneaux composites de fibres de bois à densité moyenne) perforés, et qui présentent deux objectifs; protéger les matériaux absorbants contre les dommages et améliorer dans une large mesure leur apparence. Le rôle de la paille en tant que matériau absorbant s'est avéré capital dans l'optimisation du temps de réverbération et les autres indices de la qualité acoustique de la salle.

### **Caractérisation expérimentale des salles anéchoïques du LMA.**

Dominique Habault, Cedric Pinhede, Sergio Bellizzi, Philippe Herzog, Marc Pachebat, Jacques Chatron, Sabine Meunier

[habault@lma.cnrs-mrs.fr](mailto:habault@lma.cnrs-mrs.fr)

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, CNRS, Aix-Marseille Université, Centrale Marseille.

Sur son nouveau site, le laboratoire dispose de deux salles anéchoïques et d'une salle semi-anéchoïque, toutes trois de grand volume et de fréquence de coupure 70Hz. La salle semi-anéchoïque est couplée à une petite salle d'excitation.

Pour caractériser finement leur comportement acoustique, plusieurs séries de mesures ont été effectuées. La principale a été réalisée par le Laboratoire National d'Essais dans les trois salles afin d'évaluer leur comportement selon la norme ISO3745. Cette norme consiste à vérifier la décroissance des niveaux sonores selon une loi en  $(1/r)$  avec une tolérance de 1 à 2,5 dB selon les configurations et les fréquences.

L'ensemble des mesures montre quelques écarts non négligeables à des distances relativement faibles de la source (située au centre de la salle) et croissants avec la fréquence. Le comportement est donc a priori contraire à l'attente : conforme à la norme aux basses fréquences et s'en écartant à partir de 800 Hz et ce jusqu'à 10kHz.

Pour identifier les raisons de ces écarts, nous avons procédé à un ensemble de mesures dans la plus petite des deux salles anéchoïques, accompagnées de simulations numériques. L'exposé présentera les résultats obtenus et les corrections envisagées pour rectifier les non-conformités constatées.

## **POSTERS**

### **Etude expérimentale du couplage vibro-acoustique appliqué aux guides d'ondes : cas particulier de deux coudes séparés par un tronçon de tuyauterie.**

Romain Beauvais (1, 2), Adrien Pelat (1), François Gautier (1), Joël Gilbert (1), Véronique Florquin (2), Guillaume Vandebosche (2)

[romain.beauvais.etu@univ-lemans.fr](mailto:romain.beauvais.etu@univ-lemans.fr)

- (1) Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, UMR CNRS 6613, Le Mans.  
(2) Sim Engineering, Villeneuve-d'Ascq.

Dans les sites industriels relevant du domaine de la production d'énergie, les procédés de fabrication induisent l'utilisation de réseaux de tuyauterie soumis à de fortes contraintes environnementales ( hautes pressions et températures, utilisation de gaz dangereux...). Le fonctionnement normal des systèmes connectés à ces réseaux engendre la propagation d'ondes acoustiques, induisant par couplage, des vibrations de structures.

Une partie des travaux de recherche développés par l'entreprise SIM Engineering en collaboration avec le LAUM, porte sur l'étude du couplage vibro-acoustique survenant entre deux coudes séparés par un tronçon de tuyauterie lorsqu'un déphasage du champ de pression du fluide contenu entre ces deux coudes apparaît. Un modèle acoustique basé sur l'hypothèse d'onde plane est alors généralement admis dans l'industrie pour estimer la résultante des forces appliquées par le fluide sur chaque coude, permettant ainsi d'en définir les niveaux vibratoires associés. Toutefois, la mise en évidence expérimentale de ce phénomène n'est que très peu traitée dans la littérature.

Ces travaux portent donc d'une part sur cette mise en évidence du phénomène à partir d'un banc de mesure développé au LAUM (Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine), et d'autre part, sur l'étude expérimentale de la limite de validité du modèle théorique en onde plane.

### **Application de la vibrométrie laser à balayage pour la caractérisation couplée acoustique et vibratoire de matériaux absorbants.**

Christian Granger, Bertrand Dubus, Emmanuel Attal  
[christian.granger@isen.fr](mailto:christian.granger@isen.fr)  
IEMN CNRS UMR 8520, Lille.

Les pouvoirs publics encouragent de plus en plus l'implantation en ville de murs végétalisés pour des raisons diverses (qualité de l'air, biodiversité..) mais aussi pour réduire la pollution sonore. Les phénomènes physiques à l'origine de leurs propriétés acoustiques restent cependant insuffisamment compris pour permettre leur optimisation.

Dans ce but, un dispositif expérimental original couplant mesures acoustiques via un tube d'impédance et mesures vibratoires à l'aide d'un vibromètre laser à balayage a été développé pour caractériser simultanément les propriétés acoustiques et vibratoires des feuillages et substrats qui composent ces parois. Ce banc de mesure constitué d'un tube de Kundt classique et d'un vibromètre laser à balayage permet à partir de la mesure acoustique (tube de Kundt) de déduire le champ de vitesse vibratoire du fluide dans l'échantillon et à partir de la mesure vibratoire (vibromètre laser à balayage) de déduire la vitesse du "squelette" de l'échantillon. Le tube est dimensionné pour recevoir des échantillons à analyser d'un diamètre de 200 mm et permettre l'analyse des interactions entre le milieu fluide et le milieu solide dans une plage de fréquence 100Hz à 1000Hz.

### **Métrologie des pressions dynamiques infrason.**

Paul Vincent\_ (1), Franck Larssonier, Dominique Rodrigues (2), Stéphane Durand (3)  
[paul.vincent@cea.fr](mailto:paul.vincent@cea.fr)

(1) : Technologie et Mesure de la Géosphère, CEA, DAM/DIF/LDG, Bruyères Le Chatel.

(2) : Laboratoire National de Métrologie et d'Essais. (3) : Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, Le Mans.

Dans le cadre du **Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE)**, un réseau de détection assure une couverture mondiale pour la **surveillance géophysique**. Une de ses composantes est la **mesure infrasonore** ([0.02 ; 4] Hz) dans l'atmosphère avec l'utilisation de **microbaromètres**. Afin de valider l'exigence sur la réponse de ces capteurs, un **générateur de pression dynamique infrason** a été développé par le CEA. La **référence** métrologique dans ce domaine n'existe pas. Caractériser la réponse du générateur permettra de réaliser un **étalon primaire national** de génération de pression acoustique infrason.



## Session : Mesures d'absorption et dissipation

### Expérience de contrôle actif du champ diffracté en basse fréquence dans une salle semi-anéchoïque.

Cedric Pinhede, Dominique Habault, Philippe Herzog, Emmanuel Friot  
[pinhede@lma.cnrs-mrs.fr](mailto:pinhede@lma.cnrs-mrs.fr)  
LMA, CNRS, Aix-Marseille Université, Centrale Marseille.

Les salles anéchoïques sont des équipements dédiés aux mesures de rayonnement de sources sonores. Cependant, les mesures aux basses fréquences dans ces salles sont limitées par la qualité et l'épaisseur des matériaux absorbants recouvrant les parois. La solution étudiée consiste à compléter le matériau absorbant par un système de contrôle actif composé de sources de contrôle et de microphones. Afin de valider ce concept, nous avons réalisé une première expérience qui consiste à annuler avec un système de contrôle actif le champ diffracté sur la paroi non équipée d'absorbant d'une salle semi-anéchoïque.

Cette expérience a lieu en deux étapes. Dans la première, un "filtre de diffraction" est identifié à l'aide d'une source de référence et d'un réseau de 16 microphones disposés dans un plan parallèle à la paroi rigide. La seconde consiste à déterminer les commandes à générer par les 9 sources de contrôle fixées sur la paroi afin d'annuler le champ diffracté. La bande de fréquence étudiée est 40-200 Hz. Les générations et acquisitions des signaux sont réalisées à l'aide d'une carte son pilotée par Matlab pour différentes configurations de contrôle. Nous présenterons les résultats obtenus et détaillerons le matériel et les outils utilisés pour réaliser cette expérience.

### Mesure d'impédances acoustiques aux très basses fréquences.

Jean-Christophe Le Roux (1), Jean-Pierre Dalmont (2), Julie Drouet (1)  
[jcleroux@cttm-lemans.com](mailto:jcleroux@cttm-lemans.com)  
(1) CTTM, Le Mans. (2) LAUM, Le Mans.

Depuis de nombreuses années, le LAUM et le CTTM développent des outils de mesure de l'impédance acoustique. Un de ces capteurs utilise une source de débit contrôlée à fort déplacement qui permet de réaliser des mesures d'impédance aux basses fréquences tout en présentant un encombrement nettement plus réduit que les tubes à impédance usuels. Jusqu'à présent le capteur n'a été étudié qu'au-delà de 20Hz. Nous proposons ici d'étudier plus précisément le potentiel aux basses et très basses fréquences de capteur à partir de 1Hz. L'étude présentée s'attachera en particulier à quantifier le degré de précision que l'on peut atteindre avec ce capteur et la limite basse fréquence. A titre d'application potentielle, la caractérisation des matériaux poro-élastiques en très basse fréquence est abordée.

### Contrôle actif décentralisé de transparence acoustique.

Manuel Melon (1), Eric Bavu (2), Sarah Poirée (2), Pierre-Olivier Mattei (3), Philippe Herzog (3)  
[manuel.melon@univ-lemans.fr](mailto:manuel.melon@univ-lemans.fr)  
(1) LAUM, Le Mans. (2) Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés, Lyon.  
(3) LMA, CNRS, Aix-Marseille Université, Centrale Marseille.

Les performances acoustiques des parois séparant deux locaux sont souvent limitées aux basses fréquences, où la loi de masse reste difficile à contourner. Ceci pose peu de problèmes pour une simple cloison, mais peut être rédhibitoire pour des murs déjà lourds, devant isoler des locaux très bruyants. La performance d'une telle paroi peut alors être améliorée via des techniques de contrôle actif, mais celles-ci sont dissuasives quand elles sont implémentées sous forme d'un contrôleur centralisé. L'approche présentée ici est de recourir à des cellules de contrôle indépendantes, annulant la pression incidente localement et juste sur la paroi. De telles cellules sont alors indépendantes : il est possible d'en juxtaposer le nombre correspondant au gain ciblé, le câblage se réduisant alors à leur alimentation. L'exposé présentera le principe de ces cellules, et un modèle simple de leur fonctionnement. Des simulations et mesures préliminaires ont ainsi permis d'établir l'intérêt de l'approche pour des réductions du niveau transmis de l'ordre de 4 à 8 dB. Seront ensuite présentées les étapes de la réalisation d'un jeu de prototypes destiné à permettre une validation en temps réel, planifiée en 2018.

## Session : Synthèse et contrôle de champs

### **Synthèse de champs pour la caractérisation de parois : le projet Virtech.**

Nicolas Totaro (1), Charles Pezerat (2), Cédric Maury (3), Christophe Picard (4), Jean-Christophe Le Roux (5)  
[nicolas.totaro@insa-lyon.fr](mailto:nicolas.totaro@insa-lyon.fr)

(1) LVA, INSA, Lyon ; (2) LAUM, Le Mans. ; (3) LMA, CNRS, Aix-Marseille Université, Centrale Marseille ;  
(4) MicrodB ; (5) CTTM, Le Mans.

La synthèse de champs de pression pariétaux est une alternative séduisante aux campagnes d'essais traditionnelles, coûteuses tant en termes économiques qu'environnementaux. La notion de "synthèse de champs de pression" regroupe ici les méthodes qui permettent de générer un champ de pression respectant des propriétés prescrites (homogénéité du champ, corrélations temporelles et spatiales) à l'aide de systèmes de reproduction acoustiques (haut-parleurs, sources mobiles). Ces méthodes peuvent être à post-traitement différé ou en temps réel, et peuvent être utilisées pour des applications très variées (caractérisation de performances acoustiques, études de vieillissement/résistance, qualité acoustique, etc). L'exposé présentera la collaboration entre trois laboratoires et deux industriels, qui se concrétise en 2018 dans le cadre du projet ANR "VIRTECH" (pour "VIRtualization of Experimental facilities in structural aCOustics by wall pressure syntHesis").

Seront présentés les deux principaux volets du travail envisagé :

- L'identification des composantes utiles du champ acoustique par mesures directes, indirectes ou analyse d'une modélisation numérique.
- L'optimisation de réseaux de sources (physiques ou virtuelles) et de leur pilotage pour synthétiser un champ de pression en mettant à profit les phénomènes de filtrage observés précédemment.

### **Cabine d'écoute pour l'étude de la perception aux basses fréquences.**

Adrien Vidal (1,2), Guy Rabau (3), Christophe Lambourg (1), Philippe Herzog (3)  
[vidal@prism.cnrs.fr](mailto:vidal@prism.cnrs.fr)

(1) Sté Genesis, Aix-en-Provence. (2) PRISM, Aix-Marseille Université. (3) LMA, CNRS, Aix-Marseille Université, Centrale Marseille.

La perception des basses fréquences est un sujet peu connu, dont l'étude requiert des moyens d'essai spécifiques. En effet, à ces fréquences les tympanes ne sont pas les seuls capteurs mis en jeu ; s'y ajoutent la conduction osseuse, la vibration de parties du corps, etc. Pour l'étude de cette perception, il est donc nécessaire d'assurer l'immersion du sujet au sein d'un champ acoustique contrôlé. Une cabine spécifique a ainsi été conçue au LMA ; la restitution y était assurée par un réseau de sources spécifiques, capables de reproduire linéairement des pressions importantes sur la gamme 1 Hz - 200 Hz. Le pilotage de ces sources a dans un premier temps ciblé une répartition isobare, pour une étude centrée sur le "bang sonique". Une étude ciblant le bruit des transports a ensuite nécessité un pilotage contrôlant les premières résonances de la cabine. L'installation dans un nouveau bâtiment a été l'occasion de concevoir une cabine assurant la synthèse d'un champ 3D sur toute la gamme des fréquences audibles, avec un contrôle modal aussi complet que possible aux BF. La présentation décrira l'évolution des technologies et techniques de pilotage pour répondre aux demandes passées et envisagées.