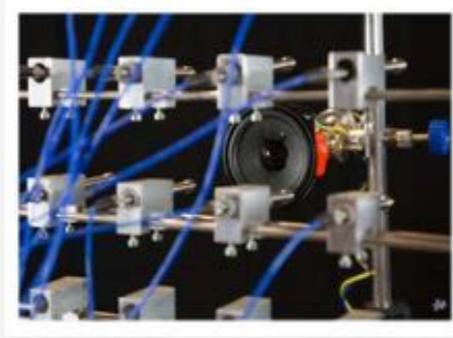
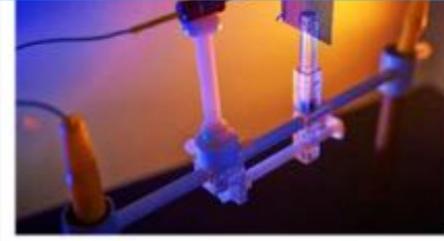


**Laboratoire d'Acoustique
de l'Université du Maine
UMR CNRS/UM 6613**

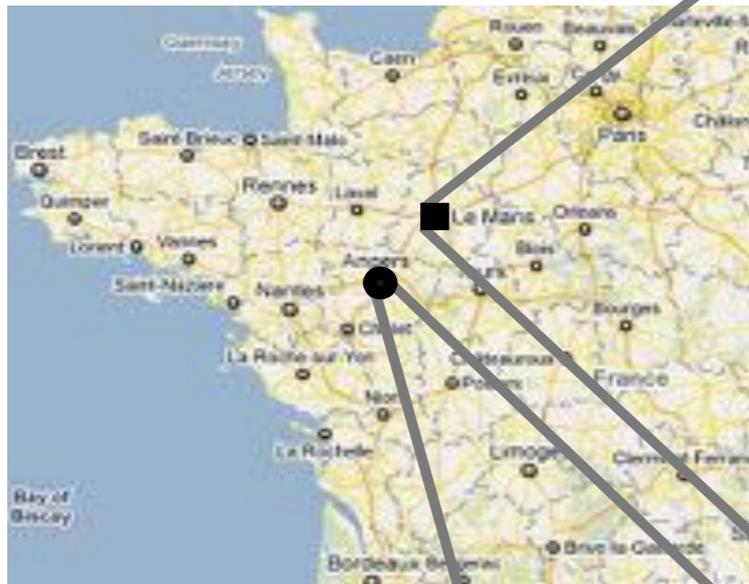


V. Romero-García
Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine
Journées GdR META, Mardi 7 Juin 2016

Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine - UMR 6613

Tutelles : CNRS (Dpt INSIS) et Université du Maine (site Le Mans)

Etablissement partenaire (depuis 1/1/2012) : ESEO (site Angers)



Effectif de 135 personnes (au 30/6/2015)

- ➔ 54 EC/C, 2 PAST, 3 PREM
- ➔ 22 personnels soutien à la recherche
- ➔ 44 doctorants et 10 post-doctorants



Structuration scientifique au LAUM

- 3 Equipes avec des opérations de recherche (OR)
- 2 axes transversales

Transducteurs

Capteurs et actionneurs



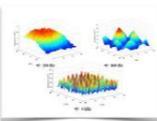
Microsystèmes Acoustiques



Thermoacoustique

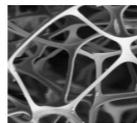


Traitement du signal et instrumentation



Acoustique et Mécanique des Matériaux

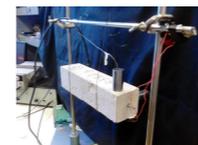
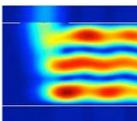
Acoustique et Mécanique des Matériaux Poreux



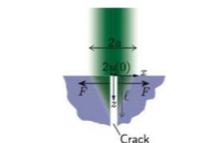
Acoustique des Milieux Granulaires



Ultrasons

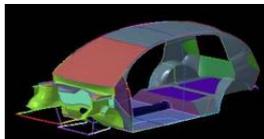


Opto-acoustique



Guides et structures

VibroAcoustique des Structures



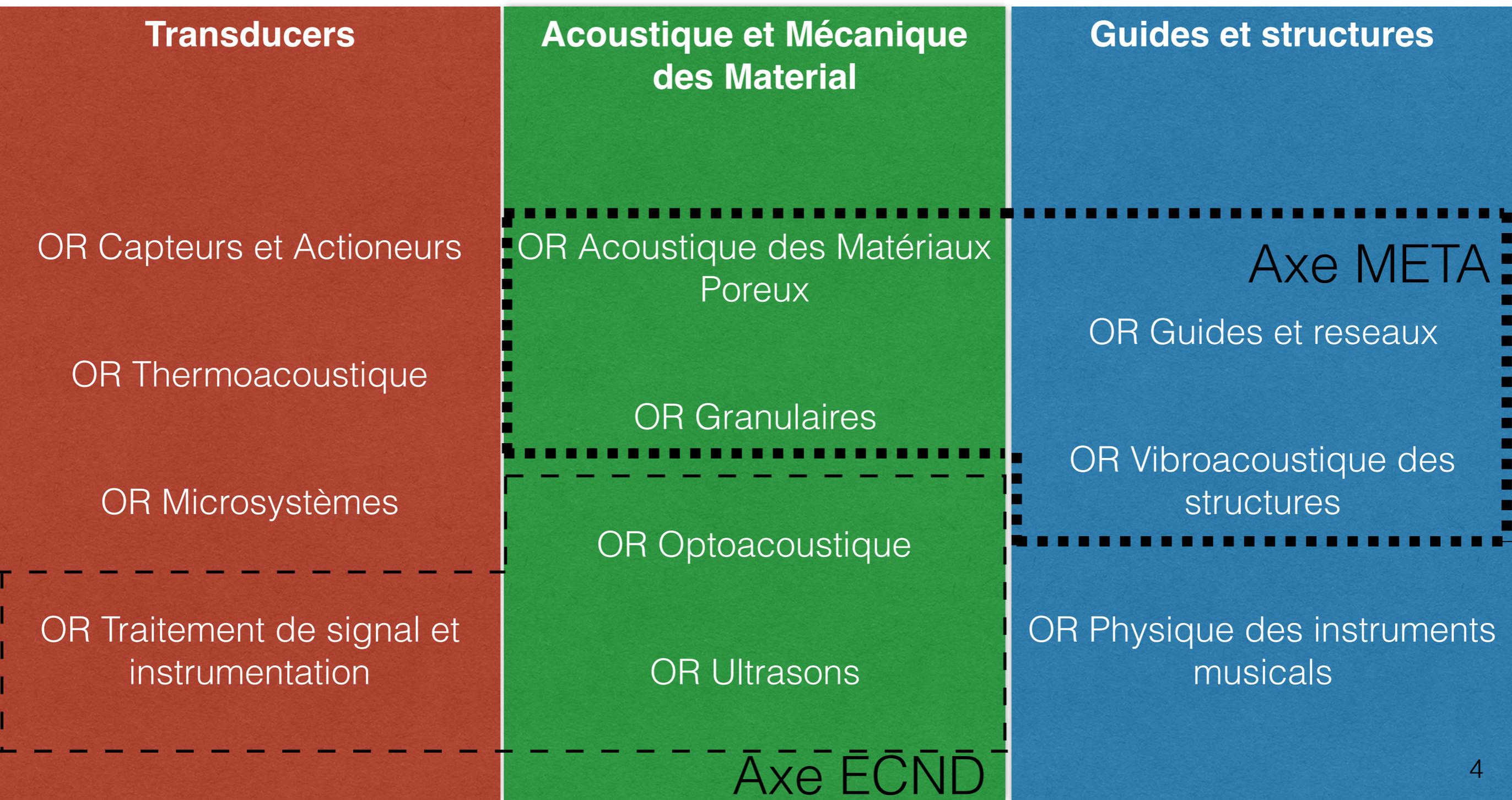
Physique des Instruments de Musique



Guides & Réseaux



Axe transversales



Buts de l'axe Métamateriaux

Mettre dans un cadre commun de recherche les travaux sur les domaines suivants:

- Caractérisation des propriétés des métamateriaux acoustiques et élastiques.
- Propagation d'ondes dans les métamateriaux acoustiques et élastiques.
- Métamateriaux acoustiques et élastiques no-linéaires.
- Métasurfaces acoustiques et élastiques.
- Métaporeux.
- Métaplaques et vibrations

Donner visibilité à l'activité métamateriaux au LAUM

Actions

Cadre commun de recherche avec un information fluide

- Liste de distribution comme outil de communication
- 1 Réunion début d'année (Information sur conférences, projets, thèmes de recherche de l'axe, etc...)
- 1 Workshop / an (Discussion scientifique de la recherche de l'axe)
- Séminaires (Mardi) (Sporadiquement, quelque résultats intéressants)
- Seminars / demi-journée

Visibilité de la recherche sur les métamatériaux acoustiques et élastiques

- Site web
- Participation dans les événements Meta.

Axe META au LAUM

Métamatériaux acoustiques pour l'audible au LAUM

Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine (LAUM),
UMR CNRS 6613, Av. O. Messiaen, 72085 Le Mans, France
<http://laum.univ-lemans.fr/fr/index.html>

Activités dans le cadre de l'Axe transversal MÉTAMATÉRIAUX.
Responsable/Animateur : Vicent Romero García (vicente.romero@univ-lemans.fr)
Le Mans, 2016



Axe MÉTAMATÉRIAUX

- Une analyse du bilan scientifique des Équipes du laboratoire montre très clairement l'émergence d'activités liées au contrôle des ondes par des milieux et matériaux artificiels structurés.
- Cette dynamique reflète, à l'échelle du laboratoire, l'importante activité actuelle sur les métamatériaux dans la communauté de la physique des ondes.
- Ces travaux rassemblent, au LAUM, des chercheurs de plusieurs Équipes, ayant des domaines d'expertise différents (ondes guidées, matériaux poreux, vibroacoustique...).
- Cet axe sera un outil d'échanges d'informations et de compétences pour favoriser les collaborations et l'émergence de projets sur cette thématique.

Stratégie et perspectives scientifiques

L'axe transverse Métamatériaux, aura comme objectif de favoriser l'émergence de thématiques nouvelles sur les matériaux artificiels structurés, les collaborations internes et transversales entre les équipes et opérations de recherche du laboratoire, et le montage de projets.

Pour cela, cette nouvelle structure du laboratoire sera d'abord un outil de diffusion d'informations et de réflexion pour apporter une réponse concertée et cohérente aux appels à projets, appels à communications, numéros spéciaux de revues, etc. D'autre part, des moyens et des temps d'échanges seront mis en place (veille bibliographique, mini-workshops et formations internes).

Enfin, cet axe jouera un rôle de structuration de l'activité du laboratoire sur les métamatériaux autour de cinq axes directeurs :

- la caractérisation des propriétés des métamatériaux acoustiques et élastiques,
- les métamatériaux non linéaires,
- les métasurfaces pour la diffusion, l'absorption sub-longueur d'onde, le cloaking,
- les métapores et les matériaux multi-échelles pour l'absorption large bande,
- les métaplaques et le contrôle des ondes élastiques.

Références

1. C. Fauré et al., Appl. Phys. Lett., 108, 064103 (2016).
2. C. Lagarrigue et al., Appl. Acoust., 102, 49 (2016).
3. A. Merkel et al., Appl. Phys. Lett., 107, 244102 (2015).
4. V. Romero-García et al., Sci. Rep., 6, 19519 (2016).
5. N. Jiménez et al., Metamaterials 2016.
6. C. Lagarrigue et al., J. Acoust. Soc. Am., (133), 247, 2013.
7. A. Landou et al., Crystals, Accepted Special Issue Phononic Crystals, (2016).
8. J. Zhang et al., Crystals, Accepted Special Issue Phononic Crystals, (2016).
9. V. Achilleos et al., Phys. Rev. E, 91, 023204 (2015).
10. V. Achilleos et al., JASA-EL, Accepted (2016).
11. A. Maurel et al., Phys. Rev. B, 88, 115416 (2013).
12. D. Lalfarge and N. Neman, Wave Motion, 50, 1016, (2013).

Métasurfaces pour la furtivité acoustique

Le concept de **métasurface**, placé au-dessus de l'objet à cacher, est élaboré de façon à ce que les décalages de phase en réflexion à la fréquence de résonance soient accordés pour compenser la forme de l'objet à cacher.

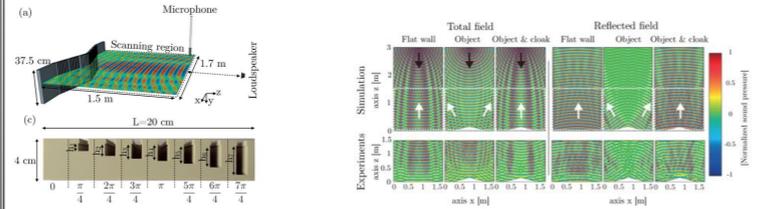


Figure 1 Montage expérimental et métasurface [1] Figure 2 Champ acoustique total et réfléchi

Métapores et Absorption parfaite du son sub-longueur d'onde

L'idée des **métapores** est de remplacer les matériaux poreux par des matériaux structurés, combinant les pertes visqueuses et thermiques avec le piégeage de l'énergie lié à l'excitation de modes à l'intérieur des structures.

L'absorption parfaite est un sujet interdisciplinaire aux nombreuses applications. Pour obtenir une absorption parfaite contrôlée par couplage critique, il faut réaliser un équilibre précis entre les fuites d'énergie et les pertes inhérentes au système.

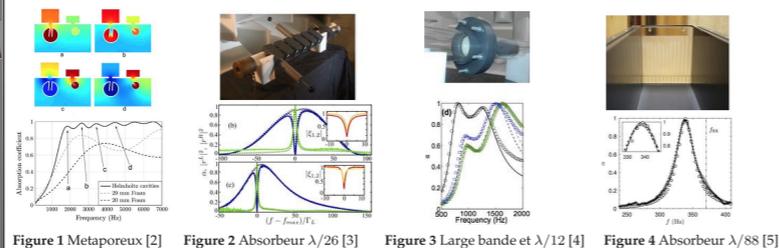


Figure 1 Métapores [2] Figure 2 Absorbant $\lambda/26$ [3] Figure 3 Large bande et $\lambda/12$ [4] Figure 4 Absorbant $\lambda/88$ [5]

Cristaux Soniques Résonants (CSR)

Dans le domaine des cristaux soniques résonants, il s'agit d'étudier les phénomènes de propagation complexe liés soit à la structuration du milieu soit à la présence de résonances, et de les exploiter pour le contrôle des ondes sonores.

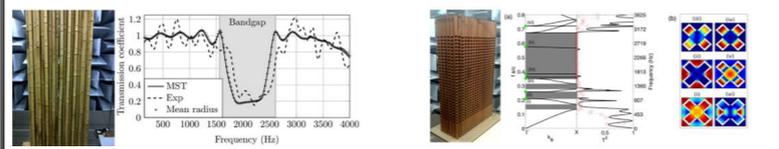


Figure 1 CSR à base de bambous [6] Figure 2 CSR à base de diffuseurs résonants carrés [7]

Métamatériaux acoustiques non linéaires

La combinaison des effets de dispersion et des effets de non linéaires dans les métamatériaux conduit à des phénomènes physiques comme la génération d'harmoniques ou la génération d'ondes solitaires (solitons).

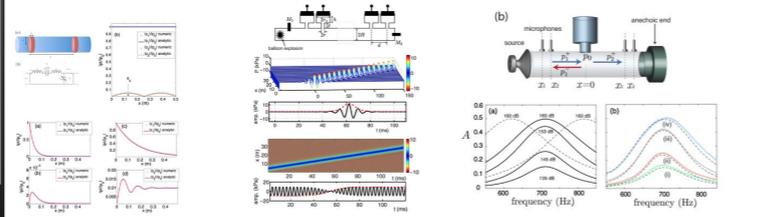


Figure 1 Génération d'harmoniques [8] Figure 2 Solitons [9] Figure 3 Contrôle de l'absorption avec la non-linéarité [10]

Homogénéisation et Théorie non locale

- La théorie de l'homogénéisation est utilisée pour dériver les propriétés effectives des réseaux de diffraction avec des structures complexes sublongueur d'onde et anisotropes [11].
- Une théorie non locale décrivant la propagation acoustique dans les milieux poreux à structure rigide saturés par un fluide viscothermique a été développée. Elle prend en compte les dispersions temporelle et spatiale. Cette théorie linéaire permet de dépasser les limites de la théorie d'homogénéisation classique [12].

Métamatériaux élastiques pour les vibrations et la vibroacoustique au LAUM

Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine (LAUM),
UMR CNRS 6613, Av. O. Messiaen, 72085 Le Mans, France
<http://laum.univ-lemans.fr/fr/index.html>

Activités dans le cadre de l'Axe transversal MÉTAMATÉRIAUX.
Responsable/Animateur : Vicent Romero García (vicente.romero@univ-lemans.fr)
Le Mans, 2016



Axe MÉTAMATÉRIAUX

- Une analyse du bilan scientifique des Équipes du laboratoire montre très clairement l'émergence d'activités liées au contrôle des ondes par des milieux et matériaux artificiels structurés.
- Cette dynamique reflète, à l'échelle du laboratoire, l'importante activité actuelle sur les métamatériaux dans la communauté de la physique des ondes.
- Ces travaux rassemblent, au LAUM, des chercheurs de plusieurs Équipes, ayant des domaines d'expertise différents (ondes guidées, matériaux poreux, vibroacoustique...).
- Cet axe sera un outil d'échanges d'informations et de compétences pour favoriser les collaborations et l'émergence de projets sur cette thématique.

Stratégie et perspectives scientifiques

L'axe transverse Métamatériaux, aura comme objectif de favoriser l'émergence de thématiques nouvelles sur les matériaux artificiels structurés, les collaborations internes et transversales entre les équipes et opérations de recherche du laboratoire, et le montage de projets.

Pour cela, cette nouvelle structure du laboratoire sera d'abord un outil de diffusion d'informations et de réflexion pour apporter une réponse concertée et cohérente aux appels à projets, appels à communications, numéros spéciaux de revues, etc. D'autre part, des moyens et des temps d'échanges seront mis en place (veille bibliographique, mini-workshops et formations internes).

Enfin, cet axe jouera un rôle de structuration de l'activité du laboratoire sur les métamatériaux autour de cinq axes directeurs :

- la caractérisation des propriétés des métamatériaux acoustiques et élastiques,
- les métamatériaux non linéaires,
- les métasurfaces pour la diffusion, l'absorption sub-longueur d'onde, le cloaking,
- les métapores et les matériaux multi-échelles pour l'absorption large bande,
- les métaplaques et le contrôle des ondes élastiques.

Références

1. T. Devaux et al., Phys. Rev. Lett., 115, 234301, (2015).
2. F. Allain et al., Appl. Phys. Lett., 108, 161903, (2016).
3. H. Pichard et al., Phys. Rev. E, 89, 033201, (2014).
4. J. Cabaret et al., Phys. Rev. Lett., 115, 054301, (2015).
5. A.P. Bowyer et al., Appl. Acoust., 74, 553-560, (2013).
6. V. Denis et al., J. Sound Vib., 349, 67-79, (2015).
7. V. Denis et al., J. Sound Vib., 362, 56-71, (2016).
8. S. Chesne et al., Smart Mater. Struct., 20, 075009, (2011).
9. S. Chesne et al., Smart Mater. Struct., 15, 1203, (2015).
10. V. Guesse et al., New J. Phys., 16, 123053, (2014).
11. V. Guesse, J. Appl. Phys., 117, 054903 (2015)
12. T. Weisser, J. Acoust. Soc. Am., 139: 617-630, (2016)

Propagation asymétrique pour les ondes élastiques

Un système asymétrique constitué d'une couche sélective (un cristal phononique) en contact avec une couche "convertissante" (un milieu granulaire non linéaire) a été proposé comme rectificateur efficace et large bande pour les ondes élastiques.

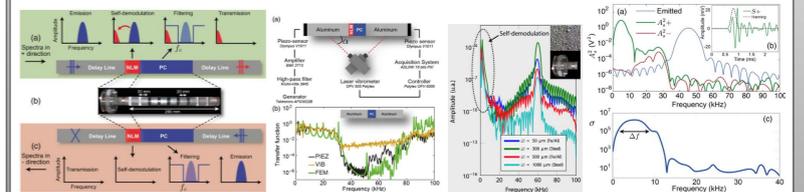


Figure 1. Schéma de principe [1] Figure 2. Cristal phononique Figure 3. Milieu granulaire. Figure 4. Réponse en fréquence.

Métamatériaux magnéto-granulaires

La combinaison d'un champ magnétique avec un comportement non linéaire permet aux systèmes magnéto-granulaires d'être des métamatériaux mécaniques accordables sans contacts pour le contrôle des ondes élastiques [2,3,4].

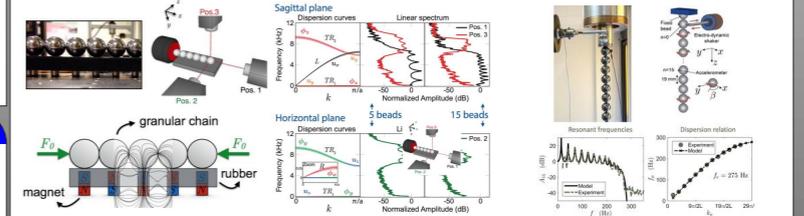


Fig. 1. Propagation des ondes élastiques dans une chaîne magnéto-granulaire. Fig. 2. Propagation d'ondes de torsion dans une chaîne magnéto-granulaire verticale. Dispersion en considérant les modes longitudinaux, transversaux et de rotation.

Métaplaques passives et trous noirs acoustiques

Les vibrations est un sujet omniprésent en ingénierie mécanique. Les traitements classiques utilisent des revêtements visco-élastiques qui sont efficaces mais lourds. Les métaplaques sont des panneaux légers, raide et non résonants avec diffuseurs passifs localement résonants en basse fréquences et absorbants en haute fréquences appelés trous noirs acoustiques [5,6,7].

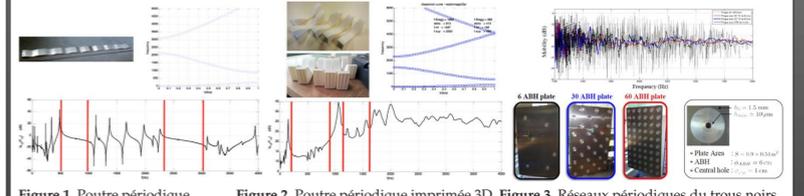


Figure 1. Poutre périodique. Figure 2. Poutre périodique imprimée 3D. Figure 3. Réseaux périodiques des trous noirs

Métaplaques actives avec shunts piezoelectriques

Transmission solide: Le but est diminuer les ondes vibratoires dans la structure.
Transmission aérienne: Le but est d'augmenter l'isolation acoustique de parois légères et diminuer le rayonnement.

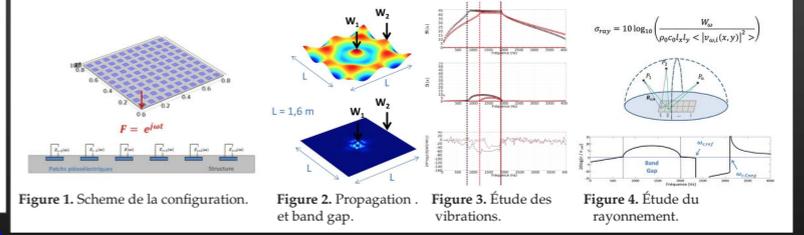


Figure 1. Schéma de la configuration. Figure 2. Propagation. Figure 3. Étude des vibrations. Figure 4. Étude du rayonnement.

Méta-interfaces

Les principes physiques pour la conception rationnelle de méta-interfaces mécaniques latéralement homogènes pour la manipulation de la réflexion/transmission des ondes élastiques entre deux milieux sont étudiés [10, 11].

Méta-poroélastique

La poroélasticité permet l'utilisation combinée de résonateurs mécaniques et acoustiques pour l'absorption [12].

Journées GdR META

- **Vibrations de flexion dans des poutres et plaques périodiques munies de trous noirs acoustiques.**

Présentation effectuée par F. Gautier et A. Pelat Co-auteurs : O. Aklouche, S. Maugeais.

- **Propagation d'ondes acoustiques dans un milieu 3D périodique avec résonateurs.**

Présentation effectuée par V. Romero-García
Co-auteurs : J.-P. Groby et A. Lardeau.

- **Absorption sub-longueur d'onde et parfaite pour les problèmes en réflexion et transmission.**

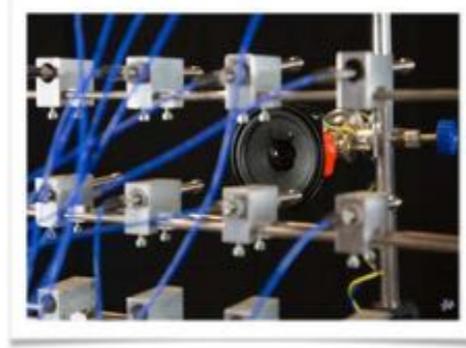
Présentation effectuée par V. Romero-García
Co-auteurs : J.-P. Groby, N. Jiménez, W. Huang, C. Lagarrigue, V. Pagneux, O. Richoux, G. Theocharis, A. Merkel, V. Tournat.



This work has been funded by the METAUDIBLE Project (ANR-13-BS09-0003), co-funded by ANR and FRAE.



**Laboratoire d'Acoustique
de l'Université du Maine
UMR CNRS/UM 6613**



V. Romero-García
Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine
Journées GdR META, Mardi 7 Juin 2016