

ETUDE ET REALISATION DE METAMATERIAUX ACOUSTIQUES MICROSTRUCTURÉS

Problématique et contexte :

Depuis le début des années 90, de nombreux travaux ont été consacrés à l'étude de la propagation des ondes acoustiques dans des matériaux microstructurés présentant des arrangements périodiques d'inclusions diffractantes, usuellement appelés cristaux phononiques. Une de leurs propriétés remarquables est la présence de bandes interdites acoustiques, dues à des effets d'interférences destructives dans le réseau périodique, pour des gammes de fréquences où la longueur d'onde est du même ordre de grandeur que la périodicité du réseau. Il a récemment été démontré que des bandes interdites acoustiques dites d'hybridation pouvaient également être obtenues avec des ensembles d'inclusions résonantes. La longueur d'onde étant cette fois beaucoup plus grande que les éléments résonants, il est possible de réduire l'ensemble du comportement à celui d'un milieu effectif homogène présentant des paramètres exceptionnels, justifiant ainsi pleinement le qualificatif de métamatériau. Pour ces systèmes il est possible d'atteindre des fréquences beaucoup plus basses pour les bandes interdites, avec comme contrepartie des largeurs de bandes réduites, en raison du caractère résonant du phénomène.

Un enjeu majeur du développement des métamatériaux est donc de dépasser le compromis liant basse fréquence et faible largeur de bande interdite. Les applications possibles des métamatériaux acoustiques à bandes interdites basse fréquence concernent des domaines tels que l'isolation phonique ou la furtivité acoustique sous-marine.

Objectif de la thèse:

L'objectif principal de cette thèse est l'étude de *métamatériaux complexes* pour lesquels les inclusions diffractantes présentent une micro-structuration qui leur donne un comportement effectif de type *anti-auxétique* (coefficients de Poisson effectifs $> 0,5$, voir figure 1). Si les matériaux auxétiques (coefficients de Poisson effectifs < 0) sont de plus en plus étudiés actuellement, peu de recherches sont menées sur les matériaux anti-auxétiques. Cependant, il semble que ces derniers pourraient être exploités pour la réalisation de fonctions novatrices, avec en particulier des possibilités de création de bandes interdites très basses fréquences.

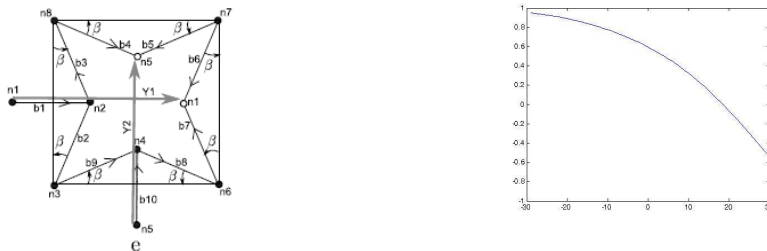


Fig. 1 : Présentation de structures architecturées présentant un coefficient de Poisson équivalent supérieur à 0,5 (matériau anti-auxétique) et variations du coefficient de Poisson correspondant en fonction de l'angle β . D'après [9] F. Dos Reis and J.-F. Ganghoffer, *Comp. Mater. Sci.* **51**, 314-321 (2012).

Dans le cadre de cette thèse, l'échelle des structurations sera choisie pour permettre une réalisation à l'aide d'une imprimante 3D. Les solutions d'impression 3D à base de filaments plastiques seront considérées en premier lieu, un recours à d'autres matériaux (notamment métalliques) pouvant être envisagé dans un second temps.

Programme de la thèse : La thèse débutera par une analyse bibliographique sur l'état de l'art du sujet. Ensuite, les outils de conception seront pris en main et des calculs permettront de mettre en évidence l'intérêt de telles structures et permettront de déterminer les propriétés effectives de ces structures. La fabrication sous forme de plaques ou blocs sera menée à l'aide d'une imprimante 3D. La mise en œuvre d'un banc de tests permettra d'analyser le comportement en basses fréquences des échantillons. Pour ce faire, le laboratoire dispose de tous les moyens de mesure nécessaires, en particulier un vibromètre laser à balayage. Une comparaison entre les résultats expérimentaux et numériques sera effectuée. En fonction des résultats des diverses tâches, de nouvelles structures seront proposées.

La thèse a obtenu le soutien de la DGA.

Lieu : IEMN (UMR 8520 CNRS), département ISEN, 41 Boulevard Vauban, Lille

Profil recherché : jeune ingénieur ou titulaire d'un master 2.

Compétences requises : notions d'acoustique, utilisation de logiciels tels que MATLAB, expérimentation.

Contacts : Anne-Christine Hladky (DR CNRS) : anne-christine.hladky@isen.fr
Charles Croënne (CR CNRS) : charles.croenne@isen.fr