

# Développement de métamatériaux acoustiques non-linéaires commandés

## Contexte général :

Depuis le début des années 90, l'étude de la propagation des ondes acoustiques dans des matériaux présentant des structurations artificielles, ou « **métamatériaux** » a mis en évidence de nombreux effets physiques remarquables (bandes interdites, réfraction négative, etc.). Néanmoins, la réalisation de fonctions de contrôle fortement non-linéaires, telles que la transmission non-réciproque ou la conversion de fréquences a été moins abordée. Une stratégie originale pour obtenir des effets non-linéaires contrôlables consiste à réaliser un métamatériau périodique piézoélectrique muni d'un ensemble d'électrodes métalliques reliées à des circuits électroniques externes contrôlables, qui modifient de ce fait les conditions électriques vues par le cristal. Les applications visées à terme concernent la conception de composants acoustiques radio-fréquences, les interfaces haptiques, le contrôle actif de vibrations et la récupération d'énergie. A plus long terme, ces travaux peuvent constituer les étapes préliminaires à la réalisation d'une véritable « **matière informée** », c'est-à-dire de matériaux structurés embarquant une intelligence artificielle, et donc capables de modifier leurs propriétés vis-à-vis de la propagation des ondes en fonction des conditions, en suivant une procédure d'apprentissage.

## Descriptif du sujet :

Le sujet de thèse proposé concerne l'étude de ces **métamatériaux piézoélectriques commandables**, pour des ondes acoustiques ultrasonores. Il comporte des volets **théoriques** (mise en place de modèles adaptés à ces systèmes couplés acoustiques/électroniques) et **expérimentaux** (développement d'un banc permettant le contrôle et la caractérisation de ces métamatériaux commandables). L'objectif recherché est d'explorer l'espace des lois de contrôle défini par le couplage entre le métamatériau et ses circuits électroniques externes (conditions électriques variables en temps et en position, boucles de contre-réaction, etc.), de façon à identifier des comportements inhabituels, optimaux ou critiques (avec par exemple des effets d'instabilités).

Cette thèse sera réalisée au sein du groupe Acoustique de l'IEMN (Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie, UMR 8520).

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

Compétences souhaitées : notions d'acoustique, de piézoélectricité, d'électronique (circuits simples, utilisation de micro-contrôleurs...), de programmation (Matlab/Python...), expérimentation/caractérisation (analyseur de réseau...).

Contacts : Pour candidater, merci d'envoyer CV et lettre de motivation à :

Charles Croëne (CR CNRS) : [charles.croenne@isen.fr](mailto:charles.croenne@isen.fr)

Bertrand Dubus (DR CNRS) : [bertrand.dubus@isen.fr](mailto:bertrand.dubus@isen.fr)