

ED SMAER

Sujet de thèses 2014

Laboratoire : Institut des Nanosciences de Paris

Etablissement de rattachement : UPMC

Directeur de thèse et section CNU ou CNRS : Bernard BONELLO, DR CNRS, section 05

Codirection et section CNU ou CNRS : Olga BOYKO, MC UPMC, section 28

Titre de la thèse : Contrôle actif de la propagation des ondes dans les métamatériaux acoustiques

Collaborations dans le cadre de la thèse : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie, Lille

Résumé du sujet :

Ce sujet de thèse est proposé par l'équipe «Acoustique pour les Nanosciences» de l'Institut des Nanosciences de Paris (UMR-CNRS 7588). Il est centré sur l'étude des propriétés élastiques de matériaux micro- et nanostructurés, ce qui est l'une des activités dominantes de l'équipe. Il porte sur la conception et l'application des métamatériaux, qui sont des hétérostructures caractérisées par des comportements acoustiques extraordinaires : émission ou absorption très fortes des ondes élastiques pour certaines directions ou fréquences, densité et/ou compressibilité négatives.

Le projet est à dominante expérimentale. Il s'appuie sur les moyens instrumentaux dont nous disposons au laboratoire: technologies « salle blanche », excitation « tout optique » d'ondes élastiques et détection de déplacement de surface à la sensibilité picométrique. Le recrutement d'un candidat en thèse permettrait d'approfondir cette thématique pour laquelle il y a une grande activité au niveau international, et de le faire progresser avec une efficacité accrue en particulier par le couplage constant entre optique, instrumentation et acoustique.

Sujet développé

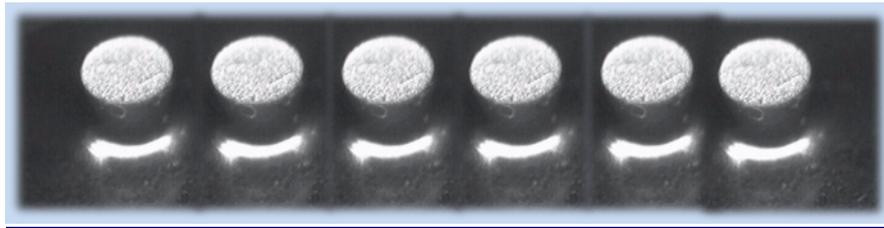
Olga BOYKO-KAZYMYRENKO
Maître de conférences UPMC

Bernard BONELLO
Directeur de recherche CNRS

Proposition de sujet de thèse

**Contrôle actif de la propagation des ondes dans les
métamatériaux acoustiques**

Institut des Nanosciences de Paris
Université Pierre et Marie Curie



SUJET DE THESE

Ce sujet de thèse est proposé par l'équipe «Acoustique pour les Nanosciences» de l'Institut des Nanosciences de Paris (UMR-CNRS 7588). Il est centré sur l'étude des propriétés élastiques de matériaux micro- et nanostructurés, ce qui est l'une des activités dominantes de l'équipe. Il porte sur la conception et l'application des métamatériaux, qui sont des hétérostructures caractérisées par des comportements acoustiques extraordinaires : émission ou absorption très fortes des ondes élastiques pour certaines directions ou fréquences, densité et/ou compressibilité négatives.

Le projet est à dominante expérimentale. Il s'appuie sur les moyens instrumentaux dont nous disposons au laboratoire: technologies « salle blanche », excitation « tout optique » d'ondes élastiques et détection de déplacement de surface à la sensibilité picométrique. Le recrutement d'un candidat en thèse permettrait d'approfondir cette thématique pour laquelle il y a une grande activité au niveau international, et de le faire progresser avec une efficacité accrue en particulier par le couplage constant entre optique, instrumentation et acoustique.

CONTEXTE ET MOTIVATIONS

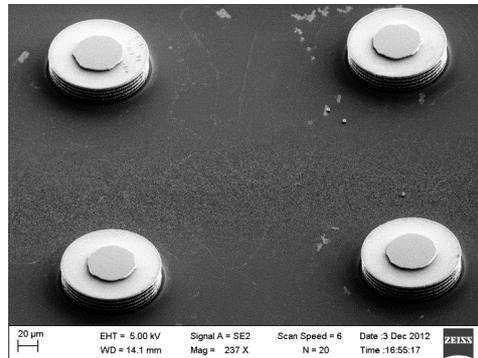
Les cristaux phononiques et métamatériaux acoustiques constituent une thématique qui a été lancée dès 2005 au laboratoire. Il s'agit de structures ou matériaux artificiels présentant des bandes fréquentielles interdites pour toute propagation d'ondes élastiques ou acoustiques. L'idée est d'abord de concevoir, puis d'étudier de nouveaux concepts et structures par des approches à la fois théoriques/numériques et expérimentales. La recherche qui est proposée porte plus spécifiquement sur des systèmes à résonance locale, micro- ou nano-structurés, opérant dans les régimes supersonique (MHz) ou hypersonique (GHz).

DESCRIPTION DU PROJET

La notion des métamatériaux désigne ici une classe de matériaux contenant des particularités à une échelle plus petite que la longueur d'onde. Ceux-ci possèdent un comportement effectif macroscopique en relation étroite avec la microstructure. Les métamatériaux acoustiques incluent des micro-résonateurs (objets de petite taille mais résonants à des fréquences telles que la longueur d'onde effective dans le milieu est grande comparativement à l'objet). Idéalement, ces matériaux sont non dispersifs et doués de réfraction négative. Dans la pratique, les zones fréquentielles à basses fréquences pour lesquelles la réfraction négative est atteinte sont très étroites et le métamatériau est fortement dispersif. L'enjeu dans ce secteur est d'élargir ces zones fréquentielles, de maîtriser en amont la dispersion effective mais aussi d'exploiter leurs propriétés remarquables pour d'autres applications (filtrage avancé, imagerie ultrasonore, isolation...).

Le projet se décompose en deux axes : le premier est orienté sur l'étude des micro-résonateurs insérés dans une matrice. Les dernières années de recherche sur le sujet dans notre groupe montre qu'il existe au moins deux types d'objets résonnants facilement réalisables. Le premier est un plot cylindrique de dimension micrométrique qu'on excite par une onde élastique de surface. Le deuxième objet d'étude est un empilement multicouche en forme d'un plot comme illustré sur la figure ci-dessous. A

cette étape il s'agit de mettre en œuvre les modèles existants pour concevoir des métamatériaux susceptibles de présenter une forte résonance à l'échelle microscopique et macroscopique, puis de déterminer les paramètres physiques pertinents pour son optimisation.



Matrice des plots composés d'un empilement multicouche. Image réalisée au microscope électronique à balayage à l'INSP.

Le deuxième axe de recherche consiste à faire interagir ces résonateurs avec une onde acoustique pour le contrôle actif de l'onde. Les métamatériaux devant servir à cette étude seront élaborés en salle blanche. Les techniques expérimentales mises en œuvre seront basées sur l'utilisation de lasers ultra-rapides (picoseconde et femtoseconde) pour l'excitation des ondes élastiques de très haute fréquence (50 MHz – 1 GHz) se propageant dans les structures composites. La détection des ondes réfractées se fera au moyen de techniques interférométriques, alliées à une très grande résolution spatiale, afin de suivre le trajet et la phase de l'onde en tout point des échantillons.

Ce sujet de thèse s'adresse à un candidat ayant de solides connaissances en propagation des ondes dans les milieux solides. Ce sujet de thèse implique une interaction forte avec l'instrumentation (élaboration des échantillons, mesures optiques et acoustiques) et un investissement expérimental important.