

**Discipline : Micro et Nano Technologies,
Acoustique et Télécommunications**

Nom du candidat : Yabin JIN

JURY

Président de Jury

Directeurs de Thèse

B. DJAFARI-ROUHANI Professeur à l'Université de Lille1, IEMN
Y. PAN Professeur à l'Université de Tongji, Shanghai

Rapporteurs

A. KHELIF Directeur de Recherche au CNRS, Institut FEMTO-ST, Besançon
Y.-S. WANG Professeur à l'Université Beijing Jiaotong

Membres

B. BONELLO Directeur de Recherche au CNRS, Institut des NanoSciences
de Paris
Q. CHENG Professeur associé à l'Université de Tongji, Shanghai

Invités

Y. LI Professeur à l'Université de Tongji, Shanghai
B. ASSOUAR Chargé de Recherche HDR au CNRS, Institut Jean Lamour, Nancy

TITRE DE LA THESE

**Conception de matériaux acoustiques artificiels structurés :
super-réseaux piézoélectriques, Lentilles à gradient d'indice,
plaque de cristaux phononiques à base de piliers**

**Design of acoustic artificial structured materials :
Piezoelectric superlattices, gradient index lenses,
pillar based phononic crystal plates**

RESUME

Les cristaux phononiques et métamatériaux acoustiques sont des matériaux structurés artificiels qui fournissent un moyen prometteur pour manipuler les ondes acoustiques/élastiques avec de nombreuses applications potentielles nouvelles. Le but de ce travail est de concevoir de nouveaux matériaux structurés artificiels acoustiques et découvrir de nouvelles propriétés. Après une introduction à l'état de l'art, le chapitre 2 propose des multicouches actives à base de structures piézoélectriques résonnantes. Leur transmission et leurs propriétés effectives peuvent être contrôlées activement en changeant les conditions limites électriques des matériaux piézoélectriques. Le chapitre 3 développe des méthodes d'homogénéisation pour une plaque de cristal phononique et montre pour la première fois la possibilité de contrôler simultanément la propagation de toutes les ondes fondamentales de Lamb. La méthode est appliquée à la conception de lentilles à gradient d'indice avec plusieurs fonctionnalités pour les phénomènes de focalisation et transmission directive. De plus, une nouvelle théorie élastodynamique d'homogénéisation, connus sous le nom de théorie de Willis, est développée pour permettre une description plus précise des ondes dans les milieux inhomogènes périodiques que la théorie classique d'élasticité. Le chapitre 4 propose un nouveau type de cristal phononique en plaque à base de piliers creux qui met en évidence de nouveaux modes fortement localisés, tels que les modes de galerie, aussi bien dans le gap de Bragg que dans un gap à basse fréquence. Ces modes peuvent être activement accordés en remplissant les parties creuses des piliers avec un liquide dont on contrôle la hauteur ou la température. Le chapitre 5 propose une métasurface acoustique comportant un pilier unique ou une ligne de piliers déposés sur une plaque mince. Ces piliers ont des modes de résonance dipolaires et monopolaires qui sont très sensibles aux paramètres géométriques des piliers. Nous étudions en détail l'amplitude et la phase des ondes émises lorsqu'une onde incidente est diffusée par les piliers et montrons qu'elles peuvent être décrites comme des ondes dipolaires et monopolaires émises par les piliers résonnants comme sources d'ondes acoustiques.

Phononic crystals and acoustic metamaterials are artificial structured materials which provide a promising way to manipulate acoustic/elastic waves with many novel potential applications. The aim of this work is to design new acoustic artificial structured materials and discover new properties. After an introduction to the state of the art, the second chapter designs actively controlled multilayers with piezoelectric resonant structures. The corresponding transmission and effective properties can be tuned by changing the electric boundary conditions of the piezoelectric materials. The third chapter develops homogenization methods for phononic crystal plates and demonstrates for the first time the possibility of controlling simultaneously all the fundamental Lamb waves. The full control method developed here is applied to the design of various gradient index lenses that can exhibit several functionalities such as wave focusing or wave beaming. A new elastodynamic homogenization theory, known as Willis constitutive theory, is also investigated which can offer more precise description of wave behaviors in periodic inhomogeneous media than the classical elasticity theory. The fourth chapter designs a new type of phononic crystal/metamaterial plate with hollow pillars that exhibits several new localized modes, such as whispering-gallery modes, inside both Bragg and low frequency band gaps. These modes can be actively tuned by filling the hollow parts with a liquid for which the height or the temperature is controlled. The fifth chapter proposes acoustic metasurface consisting of a single pillar or one line of pillars deposited on a thin plate. Local resonances of dipolar and monopolar symmetries can be characterized which are very sensitive to the pillar's geometric parameters. We study the amplitude and phase of the waves resulting from the scattering of an incident wave by the pillars and show that they can be described as dipolar or monopolar waves emitted by the pillar resonators as acoustic sources.

**Soutenance le 17 février 2017 à 9h30
Shanghai**