

Sujet thèse / PhD subject 2026

Titre Thèse	Contrôle topologique des ondes élastiques dans les cristaux phononiques ; intégration sur puce pour la manipulation de l'information au GHz	
PhD Title	Topological control of elastic waves in phononic crystals; on-chip integration for GHz information	
(Co)-Directeur	Pennec Yan	E-mail : yan.pennec@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Carpentier Laurent	E-mail : Laurent.carpentier2@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire		Web :
Groupe(s)		Web :
Projet phare principal	Telecom / Topologie	
Financement acquis Oui ☐ Non ☐ Partiel ☒	Si acquis (total ou partiel), préciser : (contrat, organisme, Université étrangère...) : ANR	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille ☒ Centrale Lille ☐ JUNIA ☐
	Région ou Autre ☐ Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) : 1/2 financement acquis sur ANR

Résumé (français) / Abstract (anglais)

Dédié à l'affichage sur le site de l'IEMN

A ajouter sur www.adum.fr également

Typiquement 5000 caractères maximum

Les métamatériaux élastiques topologiques, à l'interface de la physique de la matière condensée et des sciences des matériaux, sont capables d'héberger des états de surface protégés par des propriétés topologiques intrinsèques, ce qui ouvre de nouvelles perspectives pour le contrôle de la propagation des ondes élastiques. Le domaine des systèmes acoustiques topologiques a connu un développement rapide depuis la démonstration des effets Hall quantiques dans des milieux acoustiques, suivie par la réalisation d'états de Hall quantique de spin et de Hall quantique de vallée. Ces avancées fondamentales ont ouvert la voie à des travaux ultérieurs mettant en évidence des propriétés topologiques complexes dans les métamatériaux acoustiques et élastiques.

Le projet TWEM, Topological Wave Transport in Elastic Metamaterials, soutenu par l'ANR, se concentre sur la démonstration expérimentale du guidage topologique par le biais d'un contrôle actif de l'onde élastique injectée dans la structure. Cette approche, qui repose sur l'adaptation des propriétés spatiales et spectrales des ondes acoustiques de surface au GHz (SAWs) à l'aide d'un modulateur spatial de lumière, associé à la technique de l'acoustique picosecondes, permet un contrôle précis de la fréquence des ondes et de leurs caractéristiques spatiales. Ces ondes devraient offrir des observations précises des modes d'interface, des modes de coin et leur stabilité dans des structures topologiques, en particulier à des échelles nano et submicroniques et à des fréquences de GHz.

Dans ce contexte, l'objectif du doctorat portera sur des propositions et analyses théoriques et numériques de structures topologiques permettant de répondre, au-delà des propriétés physiques de robustesse et d'unidirectionnalité, aux contraintes expérimentales de l'intégration sur puce des guides pour le transport de l'information. Les facteurs limitant dans l'étude expérimentale des dispositifs topologiques à l'échelle du GHz résident dans la génération, l'injection et le contrôle efficaces des ondes élastiques au sein de structures métamatériaux complexes. À ces fréquences, la propagation des ondes est extrêmement sensible aux imperfections de fabrication, aux désaccords de modes aux interfaces, ainsi qu'aux pertes d'énergie dues aux réflexions ou à la dissipation, ce qui rend difficile l'exploration précise de la protection topologique et du transport phononique.

Topological elastic metamaterials, situated at the intersection of condensed matter physics and materials science, are capable of hosting surface states protected by intrinsic topological properties, which opens new perspectives for controlling the propagation of elastic waves. The field of topological acoustic systems has seen rapid development since the demonstration of quantum Hall effects in acoustic media, followed by the realization of spin quantum Hall states and valley quantum Hall states. These fundamental advancements have paved the way for further research highlighting complex topological properties in acoustic and elastic metamaterials.

The TWEM project (Topological Wave Transport in Elastic Metamaterials), supported by the ANR (French National Research Agency), focuses on the demonstration of topological wave guiding through active control of the elastic wave injected into the structure. This approach, which involves adjusting the spatial and spectral properties of surface acoustic waves (SAWs) at GHz frequencies using a spatial light modulator, combined with picosecond acoustic techniques, allows precise control over the wave frequency and its spatial characteristics. These waves should provide accurate observations of interface modes, corner modes, and their stability in topological structures, especially at nano and submicron scales and GHz frequencies.

In this context, **the objective of the PhD will focus on theoretical and numerical proposals and analyses of topological structures** that go beyond the physical properties of robustness and unidirectionality to address the experimental constraints of chip integration for information transport. The limiting factors in the experimental study of topological devices at GHz scale are the generation, injection, and efficient control of elastic waves within complex metamaterial structures. At these frequencies, wave propagation is extremely sensitive to manufacturing imperfections, mode mismatches at interfaces, and energy losses due to reflections or dissipation, which makes it difficult to precisely explore topological protection and phononic transport.