

**Titre en français :** *Anti-localisation et topologie des ondes classiques*

**Titre en anglais :** *Anti-localization and topology of classical waves*

**Nom du directeur de thèse :** Antonin Coutant & Bruno Lombard

**Tel :**

**E-Mail :** [coutant@lma.cnrs-mrs.fr](mailto:coutant@lma.cnrs-mrs.fr) & [lombard@lma.cnrs-mrs.fr](mailto:lombard@lma.cnrs-mrs.fr)

**Laboratoire :** Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA)

**Financement :** acquis ou demandé

**Type de financement :** ANR

**Résumé en français :**

Lorsque des ondes se propagent à l'intérieur d'un matériau désordonné, leur propagation est fortement atténuée par la « Localisation d'Anderson », un phénomène qui entraîne une diminution exponentielle de l'amplitude le long de la propagation. Dans un système à une ou deux dimensions, la localisation d'Anderson se produit généralement même à très faible niveau de désordre. En dimension trois par contre, la localisation apparaît à partir d'une intensité critique du désordre, ce qui conduit à une transition de phase de localisation-délocalisation. La caractérisation mathématique précise de cette transition reste un problème ouvert.

Surprenamment, dans certains types de systèmes bidimensionnels la localisation n'apparaît pas à faible désordre. Dans ce cas, une faible augmentation du désordre augmente la transmission à travers le matériau au lieu de la réduire, un phénomène appelé « antilocalisation ». En général, ce changement de comportement est due à une propriété topologique de la fonction d'onde, appelée « phase de Berry ». Pour obtenir un tel matériau pour les ondes acoustiques, la stratégie consiste à commencer par un milieu périodique (cristal phononique), et ajouter du désordre avec des propriétés spécifiques comme des symétries locales ou une longueur de corrélation plus grande que le pas du réseau. La compréhension de l'antilocalisation 2D est aussi fortement motivée par la possibilité d'obtenir une transition de phase dans un système à deux dimensions. Cela pourrait mener à une meilleure compréhension de ce type de transition de phase dans un contexte plus simple que celui de la dimension trois.

L'objectif de cette thèse de doctorat sera d'identifier les configurations capables de mener au phénomène d'antilocalisation et de le caractériser théoriquement. Le projet comportera des combinaisons d'approches théoriques (Bloch-Floquet, théorie du scattering, homogénéisation haute fréquence) et de méthodes numériques (méthodes d'éléments finis).

**Résumé en anglais :**

When waves propagate inside a disordered material, their propagation is strongly suppressed by a phenomenon known as « Anderson localization », resulting in an exponential decrease of the wave amplitude along the propagation. In one or two dimensional systems, Anderson localization usually starts even at very low disorder. In three dimensions on the other hand, localization appears above a critical amount of disorder, which leads to a localization-delocalization phase transition. The precise mathematical characterization of this transition is still an open problem.

Surprisingly, some types of two-dimensional systems can evade low disorder localization. In them, a small increase of disorder raises the transmission across the material instead of lowering it, a phenomenon referred to as « anti-localization ». Usually, this is made possible by a topological property of the wave function, called a « Berry phase ». To obtain such a material for acoustic waves, the strategy consists in starting with a periodic medium (phononic crystal), and add disorder with specific properties, such as local symmetries or a correlation length larger than the lattice step of the underlying crystal structure. The understanding of 2D anti-localization is highly motivated by the perspective of having a phase transition in a two dimensional system. This could help advancing our understanding in a simpler context than the three dimensional one.

The objective of this PhD thesis will be to identify configurations capable of displaying the phenomenon of anti-localization, and theoretically characterize it. The project will involve combinations theoretical approaches (Bloch-Floquet, Scattering theory, high-frequency homogenization) and numerical methods (finite element methods).

**Profil du candidat recherché :**

Le ou la candidate devra être titulaire d'un Master, posséder de bonnes compétences en physique, mécanique et mathématiques, et avoir une appétence pour les approches théoriques et/ou numériques.

**Publications sur le sujet :**

- [1] A. Lagendijk, B. van Tiggelen, and D. S. Wiersma, « Fifty years of Anderson localization », *Physics Today*, 62 (2009), pp. 24–29.
- [2] G. Ma, M. Xiao, and C. T. Chan, « Topological phases in acoustic and mechanical systems », *Nature Reviews Physics*, 1 (2019), pp. 281–294.

**Insertion professionnelle après thèse :** publique et/ou privée