

Ondes non linéaires dans des structures reconfigurables

Ondes, mécanique, instabilités

Offre de stage avec financement de thèse possible



*Les structures architecturées composées d'éléments bistables peuvent propager des solitons [1,2,3] (photo tirée de [3]).
Peut-on concevoir la structure à l'échelle de la cellule unitaire pour supporter d'autres ondes non linéaires ? Peut-on utiliser ces ondes pour reconfigurer la structure ?*

Contexte. Les récentes avancées dans le domaine de la fabrication additive ont permis le développement rapide de métamatériaux mécaniques flexibles. Des propriétés exotiques, programmées à l'échelle de la cellule unitaire, ont été démontrées dans le régime linéaire, ouvrant des applications potentielles dans les domaines des guides d'ondes, des absorbeurs d'énergie et des isolants. L'exploration des régimes non linéaires a également commencé, avec un intérêt particulier pour les structures composées de cellules unités bistables [1]. Un impact fort sur un tel système provoque la commutation de la première cellule via une instabilité de claquage, qui déclenche sa voisine et ainsi de suite, de sorte que cette onde de transition reconfigure l'ensemble de la structure [2,3]. Ces nouveaux travaux ouvrent de nombreuses perspectives fondamentales et applicatives. Cependant, à ce jour, le comportement détaillé de la cellule unitaire bistable est souvent négligé et seuls les solitons, une petite partie des ondes non linéaires possibles, ont été étudiés expérimentalement.

Objectifs. L'objectif de ce stage est de concevoir des structures architecturées capables de reconfiguration globale ou locale. Pour ce faire, nous utiliserons des ondes fortement non linéaires se propageant dans des structures soigneusement conçues, constituées de poutres flambées bistables. L'objectif est d'adapter les non-linéarités de la cellule unitaire pour permettre la propagation d'ondes non linéaires ciblées, avec un intérêt particulier pour les ondes de grande amplitude (cnoïdes) et modulées (breathers [4]) qui agiront sur la structure pour déclencher des reconfigurations locales ou globales. Dans ce contexte, le comportement dynamique de la cellule unitaire est crucial. Une partie importante du travail sera consacrée à l'étude des instabilités mécaniques dynamiques, avec un intérêt particulier pour les claquages [5], afin de trouver de nouveaux moyens de contrôler l'instabilité. L'approche combinera expérience et théorie.

Profil. Nous recherchons un.e étudiant.e inscrit.e en master de physique, de mécanique, d'acoustique ou de domaines connexes, ayant un goût pour la physique non linéaire, la mécanique et la physique des ondes, et motivé par la recherche expérimentale en physique fondamentale. Il/elle développera des compétences à la fois en modélisation et en expérimentation.

Environnement. Ce stage peut déboucher sur un doctorat, dont le financement est déjà assuré par l'école doctorale. L'étudiant effectuera ses recherches au sein du Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM), spécialisé dans l'acoustique et la physique des ondes. Il rejoindra l'équipe Ondes élastiques dans les milieux complexes, qui s'intéresse à la propagation des ondes élastiques dans des systèmes au comportement atypique (métamatériaux mous, milieux granulaires, systèmes instables ou multi-stables). En fonction de la motivation de l'étudiant, une mobilité internationale avec une équipe partenaire de l'Université de Harvard pourrait être organisée.

Durée et date de début : 5 à 6 mois à partir de février 2025.

Lieu : Laboratoire d'Acoustique de Le Mans Université (LAUM), Le Mans, France.

Contacts. Pour toute question ou pour soumettre votre candidature :

Hadrien Bense - hadrien.bense@univ-lemans.fr

Georgios Theocharis - georgios.theocharis@univ-lemans.fr

Vincent Tournat - vincent.tournat@univ-lemans.fr

References.

- [1] B. Deng; J. R. Raney; K. Bertoldi; V. Tournat, Nonlinear waves in flexible mechanical metamaterials. *Journal of Applied Physics*, 130(4) (2021)
- [2] L. Jin, R. Khajetourian, J. Mueller, A. Rafsanjani, V. Tournat, K. Bertoldi, D. M. Kochmann, Guided transition waves in multistable mechanical metamaterials, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 201913228 (2020).
- [3] J. Raney, et al. Stable propagation of mechanical signals in soft media using stored elastic energy. *PNAS*, 113(35):9722–9727, (2016)
- [4] A. Demiquel, V. Achilleos, G. Theocharis, V. Tournat, Modulation instability in nonlinear flexible mechanical metamaterials. *Physical Review E*, 107(5), 054212 (2023).
- [5] M. Gomez, D. Moulton, D. Vella. Critical slowing down in purely elastic 'snap-through' instabilities. *Nature Physics*, 13(2):142–145, 2017.