

Propagation d'ondes dans un métamatériau avec perforations hiérarchiques auxétiques

Kévin Billon^a, Morvan Ouisse, Fabrizio Scarpa, Emeline Sadoulet-Reboul,
Manuel Collet

DMA FEMTO-ST, LTDS

a. kevin.billon@femto-st.fr

Résumé : *Les travaux présentés sont consacrés à la compréhension des phénomènes ondulatoires se produisant dans un métamatériau comprenant des perforations rectangulaires, hiérarchiques et auxétiques. Les matériaux auxétiques sont des matériaux avec un coefficient de poisson négatif et qui possèdent la spécificité de s'élargir lors d'un test de traction uniaxial.*

Le métamatériau consiste en une plaque formée d'un enchaînement de perforations rectangulaires horizontales et verticales dans les 2 directions du plan de la plaque. La cellule élémentaire de ce réseau périodique est ainsi formée (niveau 0), les niveaux hiérarchiques suivants sont composés d'une répétition de ce motif à une échelle inférieure et ainsi de suite pour avoir un effet fractal.

Une étude des ondes se propageant dans le réseau ainsi constitué est réalisée à l'aide des outils de calcul de valeurs propres implémentés dans le logiciel Comsol. L'analyse des diagrammes de dispersion obtenus montre que la largeur de bandes interdites cumulée augmente avec le niveau hiérarchique.

L'influence des paramètres géométriques de la cellule sur la dispersion et les propriétés mécaniques de la structure est investiguée en utilisant une méthode d'homogénéisation. Les résultats sont adimensionnalisés, normalisés par la fréquence du premier mode d'une plaque de mêmes dimensions en incluant la porosité, induite par les perforations dans les propriétés mécaniques. Les paramètres géométriques retenus pour caractériser la structure sont l'espacement entre deux perforations, le ratio caractéristique des dimensions de la perforation et le niveau hiérarchique.

Le tracé des déformées de la structure montre que l'effet auxétique est lié à la rotation des quatre carrés rigides de la cellule élémentaire. Cette rotation est facilitée par la hiérarchie, ce qui conduit à une réduction de la rigidité. Cependant une amplification du phénomène auxétique du métamatériau est alors observée.

La diminution de l'espacement entre deux perforations conduit à une augmentation de la largeur de bandes interdites cumulée et une diminution de la rigidité. Le ratio caractéristique des dimensions de la perforation affecte peu la rigidité. La hiérarchie permet de passer d'un matériau isotrope au niveau 0 à orthotrope pour les niveaux suivants. De plus, l'effet auxétique est amplifié avec la diminution de l'espacement entre deux perforations.

Mots-clés : Périodique, perforations, hiérarchie, auxétique, propriétés mécaniques, homogénéisation.