

**Titre :** Comportement élastique effectif des lattices quasi-périodiques : des fondements mesoscopiques à la validation expérimentale

**Mot clés :** Matériaux architecturés, Réseaux quasi-périodiques, Milieu de Cosserat, Identification FEMU, Jumeau numérique, Essai mécanique

**Résumé :** Les matériaux architecturés ont suscité un intérêt croissant au fil des années, notamment en permettant d'atteindre de nouvelles zones des diagrammes d'Ashby. Les lattices quasi-périodiques semblent combiner les avantages des structures aléatoires et périodiques : il s'agit de structures déterministes, leur comportement est isotrope et ils ont une meilleure ténacité que les matériaux périodiques. L'étude du comportement mécanique de telle structure n'en est cependant qu'à ses balbutiements. Ainsi cette thèse propose d'étudier le comportement élastique effectif des lattices quasi-périodiques.

Dans un premier temps, les mécanismes de déformations locaux de différents motifs ont été étudiés. Il a ainsi été montré qu'on pouvait séparer les motifs en trois catégories : les motifs à dominance énergétique totale en traction ou flexion et les motifs à dominance variable.

L'influence de ces mécanismes locaux sur le comportement mécanique global des structures a ensuite été étudié. Pour ce faire, une procédure d'identification du comportement effectif équivalent des lattices, basée sur une méthode de type FEMU, a été mise en place. D'abord validée en utilisant un jumeau numérique, un dispositif expérimental a ensuite été conçu afin de mettre en oeuvre expérimentalement la procédure et confirmer les résultats numériques. Il a ainsi été montré que le modèle de comportement le plus adapté dépend du motif considéré : alors qu'une loi classique de type Cauchy semble suffisante pour décrire le comportement des motifs à dominance énergétique totale en traction et à dominance variable, il est nécessaire d'utiliser un modèle de type Cosserat pour les motifs à dominance énergétique totale en flexion.

**Title:** On the effective elasticity of quasi-periodic lattice materials: from mesoscopic foundations to experimental validation

**Keywords:** Architected materials, Quasi-periodic lattices, Cosserat medium, FEMU identification, Numerical twin, Mechanical testing

**Abstract:** Architected materials have received increasing interest over the years, especially by allowing new areas of the Ashby diagrams to be reached. Quasi-periodic lattices combine the advantages of both random and periodic structures: they are deterministic structures, their behaviour is isotropic, and they have better toughness than periodic lattices. However, the study of the mechanical behaviour of such structures is still in its infancy. Thus, this thesis proposes to study the effective elastic behaviour of quasi-periodic lattices.

First, the local deformation mechanisms of different patterns have been studied. It is shown that the patterns could be separated into three categories: the completely stretching and bending-dominated patterns and the variable dominance

ones.

The influence of these local mechanisms on the overall mechanical behaviour was then investigated. For this purpose, an identification procedure of the lattice equivalent effective behaviour, based on a FEMU-type method, was implemented. First performed using a numerical twin, an experimental set-up was then designed to carry out the procedure and validate the numerical results experimentally. It is shown that the most suitable behaviour model depends on the pattern considered. While a classical Cauchy-type law seems sufficient to describe the behaviour of completely stretching-dominated and variable dominance patterns, it is necessary to use a Cosserat-type model for completely bending-dominated ones.