

Homogénéisation asymptotique et synthèse de matériaux architecturés présentant un comportement effectif de second gradient

Valentin Calisti⁴, Baptiste Durand¹, Arthur Lebée¹, André Novotny⁴, Karam Sab¹, Pierre Seppecher², Jan Sokołowski⁴, Manon Thbaud¹

¹ Laboratoire Navier (UMR CNRS 8205)
École des Ponts ParisTech; Université Gustave Eiffel; CNRS

² Institut de Mathématiques de Toulon,
Université de Toulon, Toulon, France

³ Laboratório Nacional de Computação Científica,
Petrópolis, Brazil

⁴ Institut Élie Cartan de Lorraine,
Université de Lorraine, Nancy, France

Abstract: Ce travail présente une partie des résultats obtenus dans le cadre du projet ANR Archi-MatHOS. Nous nous intéressons à des matériaux architecturés périodiques constitués d'une phase solide et de vide. En choisissant une géométrie de la phase solide constituée de l'assemblage de polygones connectés par de fines jonctions nous sommes en mesure de concevoir des matériaux architecturés dont la raideur homogénéisée linéaire élastique de premier gradient est dégénérée. Ces matériaux architecturés présentent alors des modes souples qui ne peuvent être bien décrits par la méthode d'homogénéisation classique.

Bien qu'il n'existe pas de cadre mathématique bien établi, nous montrons que l'application de la méthode des développements asymptotiques au second ordre combinée à une projection bien choisie des contributions d'ordre supérieur permet de construire une énergie homogénéisée de type second gradient dont nous montrons numériquement qu'elle permet de prédire très finement la réponse macroscopique de nos matériaux architecturés non-classiques [3].

Dans un second temps cette nouvelle méthode d'homogénéisation est appliquée à deux microstructures planes bien connues présentant un comportement auxétique et permet de révéler l'importance des couplages en le premier gradient et le second gradient lorsque la microstructure n'est pas centro-symétrique [2].

Enfin, sur la base de ce schéma d'homogénéisation, une méthode d'optimisation topologique a été mise en place afin de maximiser les effets de type second gradient du déplacement. Sans information préalable, cette procédure a permis de synthétiser de nouvelles microstructures et aussi de retrouver certaines déjà connues dans la littérature [1].

Références

- [1] Calisti V, Lebée A, Novotny AA, Sokolowski J (2023) Emergence of elastostatic strain-gradient effects from topological optimization. *European Journal of Mechanics - A/Solids* 100:104,979, DOI 10.1016/j.euromechsol.2023.104979, URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0997753823000712>
- [2] Durand B (2022) Modélisation et caractérisation expérimentale de matériaux architecturés au comportement élastique non standard. PhD thesis, Ecole des Ponts ParisTech
- [3] Durand B, Lebée A, Seppecher P, Sab K (2022) Predictive strain-gradient homogenization of a pantographic material with compliant junctions. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 160:104,773, DOI 10.1016/j.jmps.2021.104773, URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022509621003653>