

Titre / Title

Design de microstructures hétérogènes à morphologie aléatoire : du matériau numérique vers le comportement homogénéisé

Design of heterogeneous microstructures with random morphology: from digital material to homogenized behavior

Directeur de thèse / Supervisor : **T. Kanit** tkanit@univ-lille.fr
Co-directeur de thèse / Co-supervisor: **A. Imad** abdellatif.imad@polytech-lille.fr

Description

De nombreuses questions dans la mécanique des matériaux hétérogènes restent sans réponse. La complexité des moyens expérimentaux et des calculs analytiques fait en sorte que le calcul numérique direct, appliqué à des microstructures hétérogènes, est vu comme une alternative sérieuse et efficace pour apporter des éléments de réponse à ces problématiques.

Dans cette thèse, on propose d'étudier le comportement mécanique et thermique des milieux hétérogènes aléatoires par la voie numérique et statistique, appliquée à des images réelles ou virtuelles de microstructures.

Les avancées importantes du calcul numérique et scientifique de structures, dans les dernières décennies, ouvrent de nouveaux horizons et perspectives. La mécanique des matériaux hétérogènes, le maillage tridimensionnel d'images réelles développés à l'Unité de Mécanique de Lille UML, le calcul parallèle, les algorithmes complexes pour les lois de comportement non linéaires, permettent aujourd'hui d'aborder le calcul numérique de microstructures hétérogènes complexes, d'une manière très précise et avec une grande base de données de résultats. Ces bases de données peuvent être utilisées pour construire des modèles de comportements homogénéisés plus performants et plus représentatifs des milieux hétérogènes.

Dans cette étude, le calcul numérique, appliqué directement à l'imagerie réelle ou virtuelle des matériaux hétérogènes, permet d'apporter des réponses à plusieurs questions d'homogénéisation linéaire et non linéaire, en comportements mécanique et thermique.

A partir d'images tridimensionnelles de la microstructure, réelles ou virtuelles, des propriétés et de la taille des constituants, les propriétés physiques et mécaniques, conductivité thermique, modules d'élasticité et comportement élastoplastique, vont être prévues et estimées.

Au final, cette démarche doit aboutir à un véritable design de microstructures à morphologie optimale allant du matériau numérique jusqu'au comportement homogénéisé. Cette démarche devra permettre également de proposer de nouveaux concepts d'homogénéisation plus simples à utiliser dans la modélisation et la simulation du comportement mécanique et thermique des milieux hétérogènes.

Description

Many questions in the mechanics of heterogeneous materials remain unanswered. The complexity of experimental means and analytical calculations means that direct numerical calculation, applied to heterogeneous microstructures, is seen as a serious and effective alternative to provide answers to these problems.

In this thesis, we propose to study the mechanical and thermal behavior of random heterogeneous media by numerical and statistical means, applied to real or virtual images of microstructures. Significant advances in numerical and scientific calculation of structures in recent decades have opened up new horizons and perspectives. The mechanics of heterogeneous materials, the three-dimensional mesh of real images developed at the Mechanics Unit of Lille UML, parallel computing, complex algorithms for nonlinear behavior laws, now make it possible to approach the numerical computation of complex heterogeneous microstructures, in a very precise way and with a large database of results. These databases can be used to build homogenized behavior models that are more efficient and more representative of heterogeneous environments.

In this study, numerical calculation, applied directly to real or virtual imaging of heterogeneous materials, provides answers to several questions of linear and non-linear homogenization, in mechanical and thermal behavior.

From three-dimensional images of the microstructure, real or virtual, of the properties and the size of the constituents, the physical and mechanical properties, thermal conductivity, moduli of elasticity and elastoplastic behavior, will be predicted and estimated.

In the end, this approach must lead to a real design of microstructures with optimal morphology ranging from digital material to homogenized behavior. This approach should also make it possible to propose new concepts of homogenization that are simpler to use in the modeling and simulation of the mechanical and thermal behavior of heterogeneous media.