

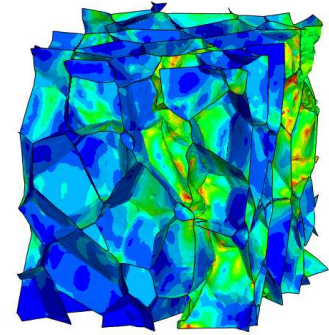
Projet de post doctorant 10 mois (Février 12-Novembre 12)

SIMULATION NUMERIQUE DES PROPRIETES THERMOMECHANIQUES DE MATERIAUX CELLULAIRES

Ce projet est développé dans le cadre d'un programme multipartenaire (laboratoires de recherche de l'insa Lyon et de l'inp Grenoble, bureau d'étude ec2-ms, industriel cryospace). Il est financé par l'ANR mat et Pro montant 2000 euros net/mois.

Contact : D. Baillis (Professeur, LAMCOS) dominique.baillis@insa-lyon.fr

Candidature : Envoyer un CV et un descriptif des précédentes activités de recherche par e-mail à dominique.baillis@insa-lyon.fr



Objectif

Ce projet vise à développer un modèle de prédiction des comportements thermique et mécanique de matériaux cellulaires ainsi qu'à étudier l'influence de la porosité, de la taille et de la forme des cellules sur ces comportements. Les retombées attendues portent sur le développement et l'optimisation des matériaux cellulaires ayant des caractéristiques particulières de tenue mécanique et d'isolation thermique.

Contexte

Les requêtes sur l'allègement des structures, la diminution des coûts, l'économie de matière conduisent à chercher des solutions multifonctionnelles, ayant à la fois des propriétés mécaniques, thermiques, acoustiques, etc. Ainsi « Remplacer des systèmes complexes par un matériau unique possédant des propriétés à la fois structurelles et fonctionnelles est un défi majeur de ce début du XXIème siècle ».

Les matériaux cellulaires présentent des propriétés non seulement thermiques mais aussi mécaniques [1] qui les rendent très intéressantes pour de nombreuses applications dans des domaines très variés tels que le transport, le bâtiment, l'aérospatial, l'énergie. Actuellement ces matériaux sont utilisés respectivement, soit pour leurs propriétés thermiques, soit pour leurs propriétés mécaniques. Pourtant la volonté d'alléger les structures en font des matériaux de l'avenir à caractère multi-fonctionnel ayant un fort potentiel d'application. Il est donc important aujourd'hui de s'investir sur la compréhension du comportement thermique et mécanique de ces matériaux.

Il est de plus en plus fait recours à la simulation numérique pour aider les équipes de développement de matériaux à converger vers une adaptation optimale du matériau à l'application. Il est notamment nécessaire de disposer d'outils capables de prédire le comportement thermique et mécanique du matériau à partir de son architecture et d'étudier l'influence de la densité, la forme, l'arrangement et l'anisotropie des cellules.

Méthodes

La première étape est de disposer d'un outil permettant de modéliser l'architecture du matériau cellulaire en question. Cette étape est décrite ci-après.

Génération de mousses

L'imagerie tomographique aux rayons-X permet une reconstruction en 3D de matériaux hétérogènes et en particulier de mousses [2]. Les dispositifs récents de micro-tomographie produisent des images de très haute résolution mettant ainsi en évidence les détails microscopiques du matériau (épaisseur non-uniforme des parois, présence de défauts...). En revanche, la taille des volumes analysés avec ces dispositifs devient limitée. Ceci constitue un inconvénient majeur car en dessous d'une certaine dimension, les propriétés des matériaux hétérogènes deviennent dépendantes de la taille de l'échantillon. De plus, l'optimisation de matériau nécessite un modèle de géométrie flexible (la morphologie doit être modifiable) ce qui n'est pas le cas de la reconstruction tomographique. Aussi, le recours à des approches alternatives est nécessaire.

Les mosaïques de Voronoï sont une de ces solutions permettant de générer une structure cellulaire de grande dimension. En particulier, la méthode des plans radicaux [3] que nous utiliserons permet en plus de contrôler la distribution de la taille des cellules. Ces méthodes peuvent être améliorées à posteriori en introduisant les détails microscopiques tels que l'élongation des cellules, la variation spatiale de l'épaisseur des parois...

Prédiction des comportements thermomécaniques des mousses

La seconde étape consiste à prédire leurs propriétés mécaniques (rigidité effective, surface de charge...) et leurs propriétés thermiques (conductivité effective...) pour une architecture donnée.

L'architecture de mousse générée est d'abord maillée en éléments finis (éléments coques pour les parois minces et éléments poutres pour les intersections des parois). Ensuite, la structure maillée est soumise à une sollicitation mécanique (compression, traction...) ou thermique (gradient de température). Les propriétés (mécaniques ou thermiques selon le type de sollicitation) de l'échantillon sont déduites de la réponse à la charge appliquée [4,5]. Pour effectuer cette simulation, on utilisera le logiciel éléments finis ABAQUS..

Les logiciels nécessaires :

- Compilateur fortran (F90)
- ABAQUS

Formation et domaines de compétences :

- Docteur en Mécanique et/ou Thermique des matériaux
- Modélisation (en Eléments Finis de préférence)
- Connaissance du logiciel Abaqus si possible
- Connaissance des comportements mécanique et/ou thermique des matériaux tels que des cellulaires (non-obligatoire)

!*****

Références

- [1] L.J. Gibson and M.F. Ashby, Cellular Solids: Structure and Properties, 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1997.
- [2] A. Elmoutaouakkil, L. Salvo, E. Maire, G. Peix, 2D and 3D Characterization of Metal Foams Using X-ray Tomography, Advanced Engineering Materials, 4, 803-807 (2002)
- [3] C. Lautensack, Fitting three-dimensional Laguerre tessellations to foam structures, Journal of Applied Statistics, 35, 985 -995 (2008)
- [4] W-Y Jang, A.M. Kraynik, S Kyriakides, On the microstructure of open-cell foams and its effect on elastic properties, International Journal of Solids and Structures, 45, 1845-1875 (2008)
- [5] J. Randrianalisoa, D. Baillis, P-M. Michaud, R. Dendievel, C. Martin, W. Rambaud, Mechanical properties of low density closed-cell polymer foams: radical tessellation and FE analysis, 3rd International Conference on Porous Media, Bordeaux, 29th - 31st March, 2011