

# Détermination des propriétés morphologiques et thermo-hydrauliques des mousses à cellules ouvertes : Influence de la section variable de brin

P. Kumar<sup>a</sup>, Y. Jobic<sup>a</sup>, F. Topin<sup>a</sup>

<sup>a</sup>IUSTI, CNRS UMR 7343, Aix-Marseille Université, Marseille, 5 Rue Enrico Fermi, Technopole de Château Gombert, 13453, Marseille Cedex 13, France

Mots clés : morphologie de brin, section variable du brin, surface spécifique, caractéristiques hydrauliques, conductivité effective thermique

## Résumé

Les mousses cellulaires de type-Kelvin constituent un modèle de mousses de réplifications classiques ainsi qu'une nouvelle classe de matériaux industriels. Le comportement thermo-hydraulique de telles mousses dépend de leur structure microscopique dont la section du brin peut être facilement contrôlée (constante ou variable). Il est difficile d'étudier systématiquement une mousse de texture donnée, obtenue à partir d'échantillon reconstruit par tomographie. La production de tels échantillons est longue et coûteuse comme leur caractérisation. En effet, les différentes étapes permettant la caractérisation de transport et morphologiques d'une structure spécifique de mousse sont : construire la structure 3-D à partir des images tomographiques, mailler et calculer. La difficulté et la longueur de ces étapes limitent grandement les possibilités d'une étude systématique, pourtant nécessaire à l'obtention d'une tendance générale des relations entre les différents paramètres et propriétés [1]

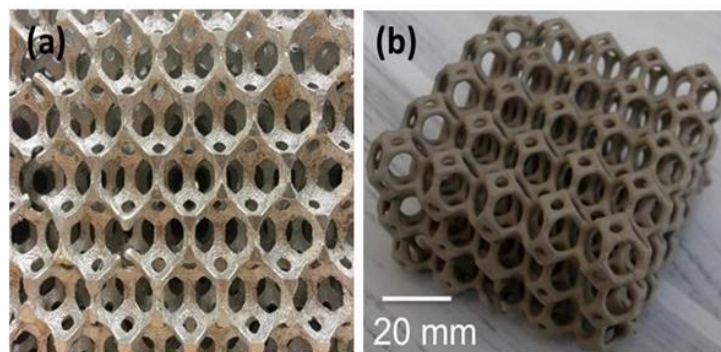


Figure 1. Présentation de la mousse métallique obtenue en utilisant (a) des processus de coulée [2], (b) l'impression 3D [3].

Les récentes avancées technologiques telles que l'impression 3-D, « selective electron beam melting » nous permettent d'obtenir des propriétés contrôlées et désirées, propre à une structure de mousse [2-3]. Ces structures de mousses nous permettent de réaliser des études systématiques [4]. En effet, la procédure de création de ces mousses utilise une géométrie de type CAO (conception assistée par ordinateur) directement utilisable par le logiciel de calcul. De plus, les avantages de telles mousses sont : plus de problèmes de résolutions de tomographie, plus de baies dans la reconstruction 3-D etc. En raison d'un contrôle fin (par ces techniques de fabrication) sur les propriétés géométriques et morphologiques des structures cellulaires périodiques (voir la figure 1), les mousses peuvent être considérées comme des systèmes idéaux pour l'étude systématique de l'effet des paramètres morphologiques sur les propriétés de transport.

Le présent travail se concentre principalement sur l'impact de la variation de la section des brins sur les propriétés thermo-hydrauliques. Un tel ligament occupe un volume important aux nœuds et un petit

volume à son centre [5] (voir figure 2). La modélisation par CAO a été utilisée pour générer des structures de mousse virtuelles en fonction du diamètre fixe de cellule pour des sections constantes et variables. La porosité est comprise entre 60% et jusqu'à 95% pour les différentes formes de brins telles que circulaire, triangulaire équilatérale, carrée, diamant et hexagonale avec des orientations différentes. Les simulations numériques en 3-D à l'échelle des pores ont été effectuées en utilisant un logiciel commercial, StarCCM+. Des caractéristiques hydrauliques ainsi que la conductivité thermique effective dans un état d'équilibre thermique local ont été obtenues (voir Figure 3). Une base de données des propriétés morphologiques et thermo-hydraulique est générée pour effectuer des études systématiques.

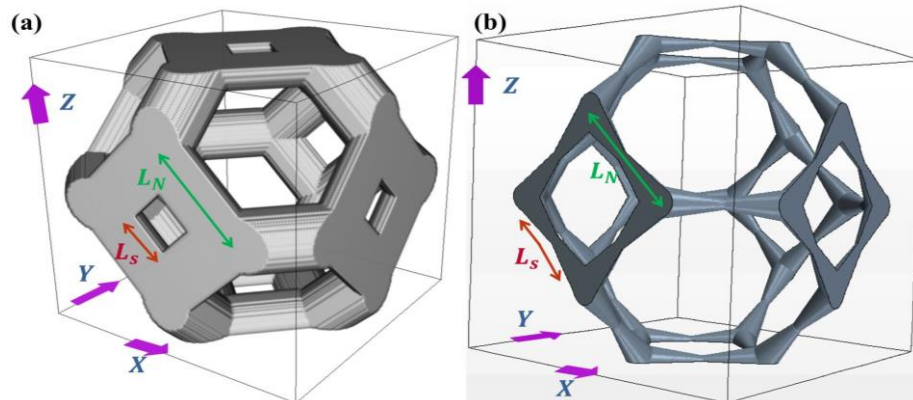


Figure 2. Cellule unitaire de type-Kelvin pour une section du brin (a) constante et, (b) variable.

Un modèle mathématique généralisé a été proposé afin de déterminer les relations entre les différents paramètres morphologiques et thermo-hydrauliques. Les corrélations empiriques basées sur l'approche de type-Ergun ont été dérivées pour prédire les pertes de charge. La corrélation de la conductivité thermique basée sur le modèle de résistances a été calculée afin de prendre en compte des conductivités thermiques des phases constitutives. Les résultats prédits ont été comparés avec les données expérimentales de la littérature et les données mesurées / numérique actuelles. Un excellent accord a été observé.

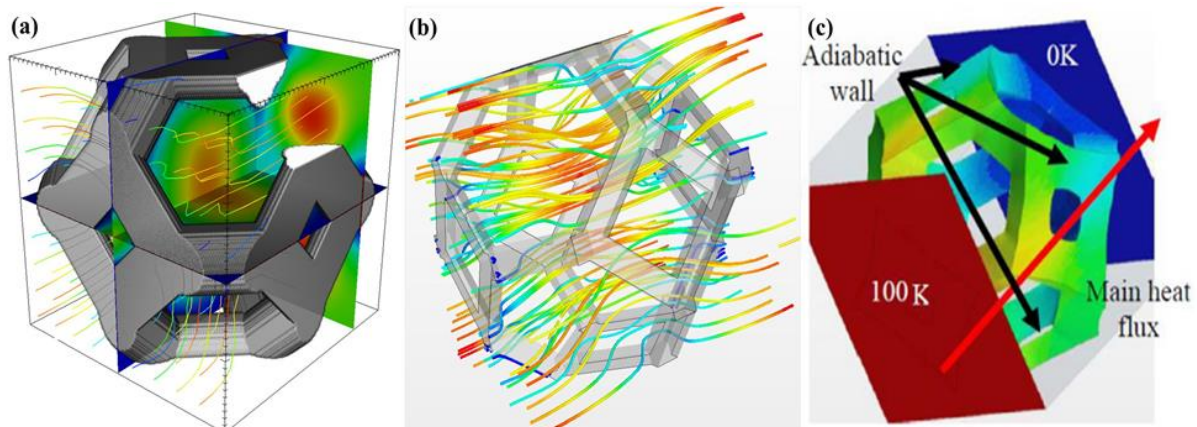


Figure 3. (a) Représentation des champs de vitesse moyen (b) Représentation des lignes de courant à travers les brins et, (c) Les conditions limites: flux de chaleur dans la direction principale, aucun flux en sens inverse (murs adiabatiques). La différence de température est imposée dans le sens du flux de chaleur.

#### Référence:

- [1] Kumar, P., Topin, F., Vicente, J., 2014. *Int. J. Therm. Sci.* 81, 13-28.
- [2] Dairon, J., Gaillard, Y., 2009. Casting parts with CTIF foams, in: *MetFoam'09*, Brastislava.
- [3] Gladysz, G., Chawla, K., 2014. Elsevier, The Netherlands.
- [4] Kumar, P., Topin, F., Tadrist, L., 2015. *J. Porous Med.* 18 (6), 637-652.
- [5] Kanaun, S., and Tkachenko, O., 2008. *Int. J. Eng. Sci.*, vol. 46, 551-571.