

La modélisation des transferts thermiques au sein de matériaux à base d'aérogel joue un rôle important pour l'amélioration des performances des super isolants. Elle permet notamment de comprendre l'influence de l'architecture des matériaux poreux et de la nature de la phase solide sur les propriétés thermiques. La très faible taille de pores (du même ordre de grandeur que le libre parcours moyen des molécules d'air) permet de réduire très fortement la conductivité thermique de l'air par « effet Knudsen » et d'atteindre des conductivités thermiques équivalentes inférieures à celle de l'air. Le transfert de chaleur dans ces matériaux fortement poreux s'effectue non seulement par conduction dans la phase gazeuse et solide mais également par propagation du rayonnement thermique infrarouge.

Des travaux récents dans le cadre de l'ANR, projet Nanocel, Habisol ont permis l'élaboration d'aérogels organiques obtenus à partir de précurseurs celluloseux. Leur structure poreuse complexe peut être considérée de type filandreuse ou cellules ouvertes (illustration). La modélisation thermique prend en compte le couplage entre les transferts thermiques conductif et radiatif en résolvant simultanément les équations de l'énergie et du transfert radiatif régissant l'équilibre thermique et radiatif dans le milieu. Par ailleurs, les propriétés conductives (conductivité effective) et radiatives (coefficients d'extinction, de diffusion et d'absorption spectraux, fonction de phase de diffusion spectrale) des matériaux, nécessaires à la résolution du couplage, sont obtenues à partir de modèles prenant en compte la morphologie poreuse particulière de ces matériaux complexes. Nous avons recours à la résolution de l'équation de Boltzmann par lancers de phonons pour évaluer le transfert phonique à l'échelle du contact entre nano-particules. Les propriétés radiatives du milieu sont calculées par résolution numérique des équations de Maxwell (méthode d'approximation des dipôles discrets, théorie de Mie ou de Rayleigh).

Les résultats de calcul de conductivité équivalente ont été confrontés à des mesures thermiques sous différentes pressions d'air. Les simulations de transfert thermique total ont permis d'analyser l'influence des différents paramètres du modèle sur la conductivité thermique équivalente des super isolants à base d'aérogel.