

<p align="center">Proposition de thèse de doctorat</p> <p align="center">Début : 2017-2018</p> <p align="center">Titre de la thèse : Modélisation du transport radiatif dans des matériaux à hétérogénéités microniques via les équations de Maxwell</p> <p>Laboratoire : Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes</p> <p>Equipe : Transferts Thermiques dans les Matériaux et aux Interfaces</p> <p>Localisation de la thèse : Nantes</p>	
<p>Directeur de thèse Nom et prénom Rousseau Benoit Tél : 02 40 68 31 17 Mail : benoit.rousseau@univ-nantes.fr</p>	<p>Co-directeurs Nom et prénom Favennec Yann Tél : Mail : yann.favennec@univ-nantes.fr</p>

<p><u>Description du sujet</u></p> <p>Le LTeN a développé depuis 5 ans des approches expérimentales et numériques, cohérentes, lui permettant de caractériser et modéliser les transferts radiatifs dans des matériaux semi-transparents dotés d'hétérogénéités (brins, grains, pores) dont les dimensions caractéristiques sont nettement plus grandes que les longueurs d'onde thermiques [0.8-20 μm]. Il possède ainsi un dispositif évolutif de mesure des propriétés radiatives lui permettant de sonder leur dépendance spectrale (0.4-25 μm) [1], angulaire (θ, ϕ) et thermique ($\rightarrow 900\text{ K}$). Par ailleurs il a mis en œuvre (i) un code de prédiction des propriétés radiatives via une méthode de Monte Carlo Lancer de Rayon à partir de la connaissance des images 3D des matériaux étudiés et des fonctions optiques des constituants [2] et (ii) un outil de résolution 3D de l'équation du transfert radiatif [3] via la méthode des ordonnées discrètes combiné aux éléments finis stabilisés de type SUPG. Au niveau de la résolution de l'équation du transfert radiatif un effort important a été consenti pour concilier rapidité d'exécution et finesse des discrétisation spatiales et angulaires pour des matériaux à géométrie complexe [4].</p> <p>Quand les matériaux présentent des hétérogénéités dont les dimensions sont de l'ordre des longueurs d'onde thermiques, les conditions physiques permettant l'utilisation des codes jusqu'alors développés sont plus réunies [5]. De telles situations sont ainsi rencontrées pour des composites thermoplastiques renforcés par des fibres de carbone [6], des isolants thermiques fibreux ou encore des céramiques pour barrières thermiques [7]. De manière globale, les matériaux rencontrés vont posséder de hautes fractions volumiques de diffuseurs accroissant leurs corrélations spatiales et donc les phénomènes interférentielles. Les flux radiatifs absorbés, diffusés et émis par de tels milieux sont alors obtenus par la résolution des équations de Maxwell. Dans le domaine du rayonnement thermique, les schémas numériques actuels, souvent basés sur la méthode des différences finies, s'appliquent à des matériaux idéaux où les diffuseurs sont répartis de manière périodique. Dès que l'architecture des matériaux devient plus désordonnée comme cela est le cas dans les applications industrielles,</p>
--

les temps de calculs deviennent alors prohibitifs.

L'objectif du travail proposé est de développer une méthode de résolution 3D des équations de Maxwell robuste et rapide, basée sur les éléments finis, et permettant de considérer des matériaux ayant des diffuseurs sans limite de forme, de distribution de taille et d'orientation. Cet outil permettra de réaliser des avancées significatives pour le design de nouveaux matériaux à propriétés radiatives contrôlées ou encore pour asservir le transfert du rayonnement thermique aux petites échelles dans des procédés de mises en forme ou de conversion de l'énergie. Une attention particulière sera apportée à la gestion de maillage complexe et aux stratégies de parallélisation.

Références

- [1] D. Hakoume, L. Dombrovsky, D. Delaunay, B. Rousseau, Spectroscopic diagnostics of morphological changes arising in thermal processing of polypropylene, *Applied Optics*, 53(12) (2014) 2702-2710.
- [2] S. Guévelou, B. Rousseau, G. Domingues, J. Vicente, A simple expression for the normal spectral emittance of open-cell foams composed of optically thick and smooth struts, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 189 (2017) 329-338.
- [3] D. Le Hardy, Y. Favennec, B. Rousseau, F. Hecht, Specular reflection treatment for the 3D radiative transfer equation solved with the discrete ordinates method, *Journal of Computational Physics*, 334 (2017) 541-572.
- [4] D. Le Hardy, M.A. Badri, B. Rousseau, S. Chupin, D. Rochais, Y. Favennec, 3D numerical modelling of the propagation of radiative intensity through a X-ray tomographed ligament, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, (in press).
- [5] M.I. Mishchenko, Maxwell's equations, radiative transfer, and coherent backscattering: A general perspective, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 101(3) (2006) 540-555.
- [6] A. Hohmann, A. ElMaklizi, F. Foschum, F. Voit, F. Bergmann, E. Simon, D. Reitzle, A. Kienle, Optics of carbon fiber-reinforced plastics—A theoretical and an experimental study, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 180 (2016) 70-76.
- [7] G. Yang, C.Y. Zhao, Infrared radiative properties of EB-PVD thermal barrier coatings, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 94 (2016) 199-210.

Compétences requises

Electromagnétisme, transferts thermiques, programmation numérique (C, C++)

Commentaires Supplémentaires

Etude en relation

Financement prévu : Indemnité : Oui (pour les étudiants non déjà boursiers)

Montant net mensuel envisagé :