

Stage + Thèse avec financement CIFRE

Laboratoires d'accueil :

- Institut Pprime, Université de Poitiers, CNRS

- Institut Langevin, ESPCI Paris, PSL University, CNRS

Directeurs : Karl Joulain (Institut Pprime) ; Yannick De Wilde (Institut Langevin)

e-mail : karl.joulain@univ-poitiers.fr ; yannick.dewilde@espci.fr

Sites Web : <https://pprime.fr/la-recherche/fluides-thermique-combustion/thermique-aux-nano-echelles-et-rayonnement-tnr/>
<https://www.institut-langevin.espci.fr/home>

CONTEXTE

Le groupe industriel **SAINT-GOBAIN RECHERCHE PARIS** est à l'origine du projet. Il dépose le dossier de demande de CIFRE auprès de l'ANRT pour le(la) candidat(e) retenu(e).

Les recherches s'effectuent au sein de deux laboratoires académiques partenaires :

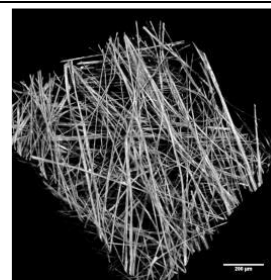
- **Institut Pprime** (Université de Poitiers, CNRS). Karl Joulain (Professeur) dirigera les aspects théoriques et/ou numériques.

- **Institut Langevin** (ESPCI Paris, CNRS). Yannick De Wilde (Directeur de recherche) dirigera les aspects expérimentaux.

ETUDE MULTI-ECHELLE DU TRANSPORT THERMIQUE DANS LES ISOLANTS COMPLEXES

Matelas de fibres de verre observé par OCT à l'Institut Langevin. ←

Comment la microstructure d'un tel système complexe influence la résistivité thermique effective de l'isolant ?



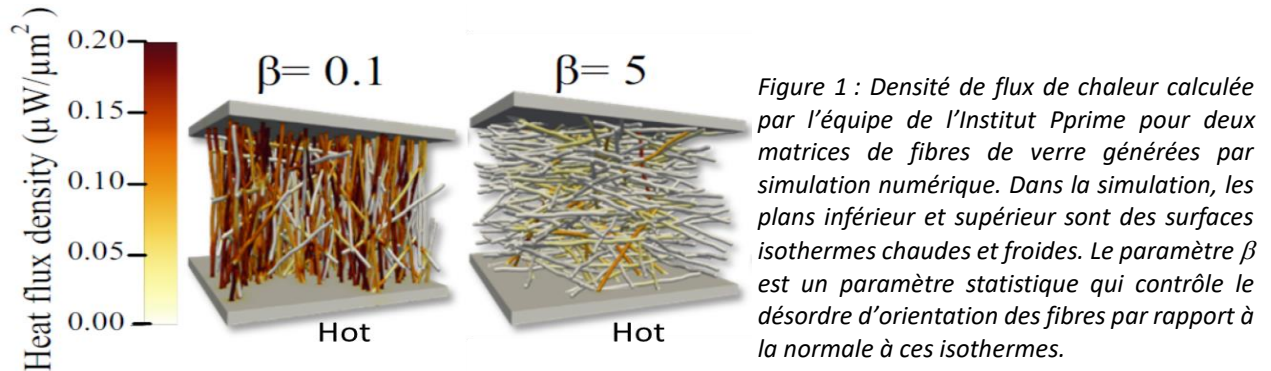
La réduction des dépenses énergétiques dans le secteur du bâtiment stimule d'importants efforts qui visent à améliorer les performances des matériaux d'isolations. Le groupe Saint-Gobain Recherche collabore avec l'Institut Langevin et l'Institut Pprime dans le but de comprendre le transport de la chaleur à l'échelle microscopique au sein d'isolants complexes afin de pouvoir les modéliser et être ainsi capable de proposer les meilleures stratégies d'amélioration de leurs performances. Sur le plan de l'expérimentation, l'Institut Langevin étudie le transport conductif et le rayonnement thermique jusqu'aux échelles nanométriques dans ces systèmes à l'aide de sondes ultra-sensibles thermorésistives [1] ou infrarouges [2]. Sur le plan de la théorie, les isolants complexes constituent un défi important pour la modélisation compte tenu de leur caractère intrinsèquement multi-échelle et de l'existence de différents canaux de transfert de chaleur susceptibles de se coupler, incluant des effets de champ proche non-triviaux [3,4]. L'Institut Pprime a entamé le développement d'un code numérique sans équivalent avec lequel il est déjà possible de générer un matelas virtuel formés d'éléments comme des microfibrilles de verre doté d'une distribution statistique ajustable et de calculer ensuite le transport de la chaleur à travers la matrice de fibres par le canal conductif [5]. Cependant, les simulations, dont deux exemples sont présentés figure 1, reposent pour l'instant sur l'hypothèse de fibres de verre qui s'interpénètrent aux points de croisement. L'absence de connaissance de la résistance thermique de contact fibre-fibre en présence de liant est un important verrou à surmonter pour pouvoir prédire de façon quantitative la valeur de la résistivité thermique effective d'un matelas de fibres, qu'il soit généré par simulation ou obtenu par tomographie à l'aide de rayons X.

Nous proposons de mesurer directement la résistance de contact entre deux fibres avec liant qui est un paramètre essentiel pour la compréhension du transport de la chaleur dans les isolants à base de fibres de verre. Nous proposons de mener notre étude à l'aide d'une méthode sans contact basée sur l'emploi de la microthermographie infrarouge, que nous compléterons par des mesures SThM (scanning thermal microscopy).

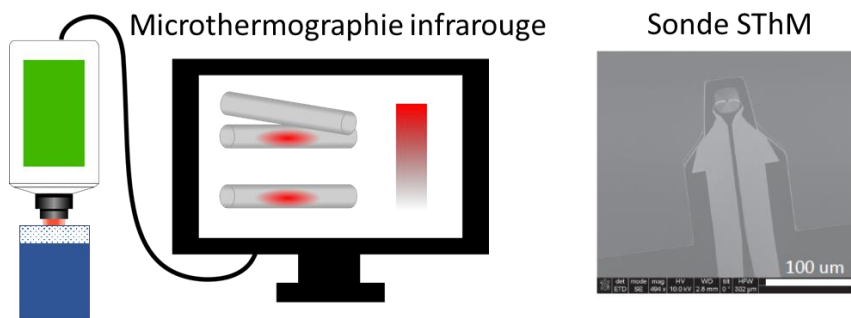
La valeur mesurée de la résistance de contact fibre-fibre avec liant sera d'abord utilisée pour estimer la résistivité thermique effective de matelas de fibres caractérisés par tomographie. Par la suite, le

modèle numérique évoqué plus haut sera modifié pour y inclure la résistance de contact fibre-fibre et les autres canaux de transfert de chaleur. Nous réaliserons des mesures de microthermographie sur des matelas modèles de fibres avec liant, et nous confronterons nos résultats aux prévisions des simulations numériques.

Nous souhaitons (idéalement) démarrer ce projet dans le cadre d'un stage de Master 2 et le poursuivre ensuite avec un financement de thèse CIFRE après instruction du dossier par l'ANRT.



Méthodes expérimentales :



D'autres méthodes de mesures de transport de chaleur sont envisageables aussi selon les besoins.

Références :

- [1] Quantitative measurement of the thermal contact resistance between a glass microsphere and a plate. J. Doumouro, E. Perros, A. Dodu, N. Rahbany, D. Leprat, V. Krachmalnicoff, R. Carminati, W. Poirier, Y. De Wilde. *PHYSICAL REVIEW APPLIED* 15, 014063 (2021).
- [2] Thermal emission from a single glass fiber. H. Kallel, J. Doumouro, V. Krachmalnicoff, Y. De Wilde, K. Joulain, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer (JQSRT)*, **236**, 106598 (2019).
- [3] Blackbody Spectrum Revisited in the Near Field
A. Babuty, K. Joulain, P.-O. Chapuis, J.-J. Greffet, Y. De Wilde, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 146103 (2013).
- [4] Surface electromagnetic waves thermally excited: Radiative heat transfer, coherence properties and Casimir forces revisited in the near field, K. Joulain, J.-P. Mulet, F. Marquier, R. Carminati, J.-J. Greffet, *Surf. Sci. Rep.* **57**, 59 (2005).
- [5] H. Kallel et al., Design and thermal conductivity of 3D artificial cross-linked random fiber networks, article en préparation (mis à disposition de SGR).