

Offre de post-doc au Laboratoire Énergies et Mécanique Théorique et Appliquée (LEMETA, UMR 7563, CNRS, Université de Lorraine) en collaboration avec Saint-Gobain : « Caractérisation des propriétés thermiques de matériaux solides hétérogènes complexes à haute température »

Contexte et objectifs

La caractérisation des propriétés thermiques (conductivité thermique, diffusivité thermique) de matériaux solides hétérogènes complexes à haute température n'est pas triviale et fait l'objet de développements depuis de nombreuses années au sein du LEMETA.

L'acquisition de données expérimentales fiables, précises et robustes doit permettre de mieux comprendre l'évolution des propriétés thermiques de matériaux solides hétérogènes complexes en fonction de leur (micro)structure et de leur environnement (température, pression, atmosphère, etc.). Ces connaissances sont essentielles pour accélérer le développement de matériaux innovants et optimiser le pilotage de procédés industriels.

Dans le cas de matériaux isolants (i.e., des matériaux avec une conductivité thermique apparente inférieure à 1 W/m-K), les principales difficultés résident dans la prise en compte du couplage conducto-radiatif (matériaux poreux/fibreux dont les phases solides peuvent être semi-transparentes) et de l'éventuelle anisotropie des propriétés thermiques.

Les méthodes de mesure conventionnelles (i.e., méthodes normées de la plaque chaude gardée ou du fil chaud par exemple) donnent le plus souvent accès à des grandeurs apparentes (i.e., non intrinsèques). Les contributions relatives des différents modes de transferts thermiques ne sont pas quantifiées et peuvent dépendre de la configuration expérimentale (dimensions de l'échantillon, conditions limites, etc.).

Dans le cadre de cette étude, on souhaite étendre le domaine d'application des méthodes récemment développées au LEMETA [1, 2] afin de pouvoir caractériser les propriétés thermiques intrinsèques de matériaux isolants anisotropes et/ou semi-transparentes (émettant-absorbant et/ou diffusant) jusqu'à des températures de l'ordre de 1500°C.

Méthodologie et contenu scientifique

1. Etat de l'art

Dans un premier temps, une étude bibliographique des différentes méthodes de mesures et modèles utilisés pour la mesure des propriétés thermiques des matériaux faiblement conducteurs et semi-transparentes à 1500°C sera réalisée. Cette étape permettra de choisir une méthode adaptée à la problématique. Pour le moment, il est envisagé le recours à des techniques dérivées du fil chaud ou du fil chaud parallèle.

2. Réalisation d'un dispositif fil chaud (parallèle) opérationnel jusqu'à 1500°C

Un dispositif fil chaud parallèle opérationnel jusqu'à 1000°C a été testé et validé au LEMETA [1]. Le premier objectif sera de concevoir et de tester un nouveau dispositif expérimental opérationnel jusqu'à 1500°C en prenant en compte les contraintes techniques (instrumentation à adapter, tenue des matériaux) et physiques (haut flux radiatif, semi-transparence des matériaux) imposées par ces hautes températures.

3. Modélisation des transferts couplés conduction-rayonnement

La principale difficulté de l'étude repose sur la mise en place d'un modèle prenant en compte le fort couplage conduction-rayonnement dans l'échantillon à haute température. Ce modèle devra prendre en compte le transfert de chaleur par rayonnement en milieu participant (émettant-absorbant et diffusant) ainsi que la géométrie complexe du dispositif expérimental et de l'échantillon. Le code

développé devra simuler l'évolution de la température au cours de l'expérience. Il est envisagé d'utiliser des méthodes de modélisation statistiques de type Monte Carlo [3] afin de prendre en compte la complexité phénoménologique du cas d'étude. Le recours à ces méthodes a démontré sa pertinence lors d'études précédemment menées au sein laboratoire [4-5].

4. Conception optimale du dispositif de mesure

Le modèle direct développé sera utilisé pour étudier les sensibilités réduites [6-7] aux paramètres à estimer pour plusieurs matériaux types et pour les deux configurations fil chaud et fil chaud parallèle. Les résultats seront interprétés pour un choix de dispositif (type et dimensions) optimal [8]. Des signaux synthétiques bruités seront traités comme des expériences virtuelles par un algorithme d'estimation pour valider le dimensionnement du dispositif expérimental et l'estimabilité des paramètres.

5. Etude expérimentale de deux matériaux

Le dispositif expérimental sera utilisé pour caractériser les conductivités thermiques phoniques et apparentes de deux matériaux types (un matériau fibreux peu dense et une mousse céramique plus dense). Des essais pourront également être réalisés sur le dispositif flash déjà disponible au laboratoire. Les résultats obtenus avec les deux dispositifs de mesure pourront être comparés et interprétés. Les valeurs des propriétés optiques mesurées par des dispositifs dédiés seront utilisées pour valider les différences entre les valeurs estimées des conductivités phoniques et apparentes.

Références

- [1] Y. Jannot and A. Degiovanni. An improved model for the parallel hot wire: application to thermal conductivity measurement of low density insulating materials at high temperature. *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 142, pp. 379-399, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2019.04.026>
- [2] Y. Jannot, A. Degiovanni, V. Schick and J. Meulemans. Thermal diffusivity measurement of insulating materials at high temperature with a four-layer (4L) method. *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 150, art. 106230, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2019.106230>
- [3] W. L. Dunn and J. K. Shultis. *Exploring Monte Carlo Methods*. Elsevier, 2011.
- [4] M. Sans. Caractérisation des propriétés thermophysiques de mousses céramiques à haute température. Thèse de doctorat, Université de Lorraine, 2019. <http://theses.fr/s187301>
- [5] M. Sans, V. Schick, G. Parent and O. Farges. Experimental characterization of the coupled conductive and radiative heat transfer in ceramic foams with a flash method at high temperature. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 148, art. 119077, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.119077>
- [6] J. V. Beck and K. J. Arnold. *Parameter Estimation in Engineering and Science*. John Wiley and Sons, New York, 1977.
- [7] H. Orlande, O. Fudym, D. Maillet and R. Cotta. *Thermal Measurements and Inverse Techniques*. CRC Press, Boca Raton, 2011
- [8] Y. Jannot et A. Degiovanni. *Mesure des propriétés thermiques des matériaux*. ISTE Editions, 2018.

Compétences souhaitées

- Modélisation des transferts radiatifs en milieu participant
- Utilisation de techniques inverses
- Programmation (Fortran, C/C++)
- Bonne maîtrise de la langue anglaise
- Esprit d'initiative, adaptabilité et bon relationnel

Lieux de travail

- LEMTA, Vandœuvre-lès-Nancy, France
- Des déplacements ponctuels à SGR Paris (Aubervilliers) et SGR Provence (Cavaillon) sont à prévoir

Contrat

- Début du post-doc à l'automne 2020
- Financement CNRS, durée de 18 mois

Encadrement du post-doc / Contacts

Pour plus d'informations sur le poste proposé et pour candidater (lettre de motivation et CV), contactez par e-mail :

- Yves JANNOT, Vincent SCHICK, Olivier FARGES, LEMTA, Vandœuvre-lès-Nancy
yves.jannot@univ-lorraine.fr, vincent.schick@univ-lorraine.fr, olivier.farges@univ-lorraine.fr
- Johann MEULEMANS, Saint-Gobain Research Paris, Aubervilliers
johann.meulemans@saint-gobain.com