

Etude expérimentale des effets thermique et thermomécanique des couches minces balistiques

Localisation :

Centre d'Énergétique et de Thermique de Lyon (CETHIL)
UMR 5008 CNRS, INSA de Lyon, Université Claude-Bernard Lyon 1

Mots clés : Nanosciences, nanomatériaux, conductivité thermique, couches minces, balistique

Sujet de thèse :

Le développement des nanotechnologies et de nouveaux nanomatériaux pour l'énergie permet aujourd'hui d'envisager le contrôle du transfert de chaleur dans les matériaux solides à l'échelle des porteurs de chaleur [1]. Dans les matériaux non-métalliques, la chaleur est transportée par les phonons (ondes acoustiques de hautes fréquences). La structuration de la matière peut être effectuée à plusieurs échelles, notamment à celle du libre parcours moyen des phonons (LPM) de l'ordre de la centaine de nanomètres dans un grand nombre de matériaux ou à celle de la longueur d'onde des phonons (λ_{th}) de l'ordre du nanomètre à température ambiante (voir Figure 1). A l'échelle du libre parcours moyen, un phonon peut être considéré comme une particule et le transport est diffusif (il est alors régit par la loi de Fourier bien connue) ou balistique (la loi de Fourier n'est plus valide). Les effets de ce second régime commencent à être mieux connus en thermique, mais ses effets sur le comportement thermomécanique, notamment en électronique, ne le sont pas encore. De plus, les données sont manquantes pour un grand nombre de matériaux.

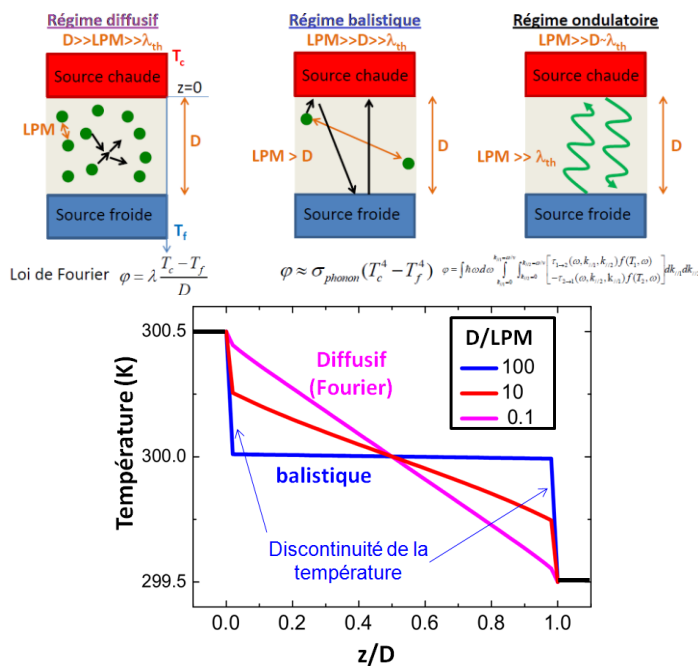


Figure 1. Régimes de transfert de chaleur par conduction, en fonction de la taille du milieu.

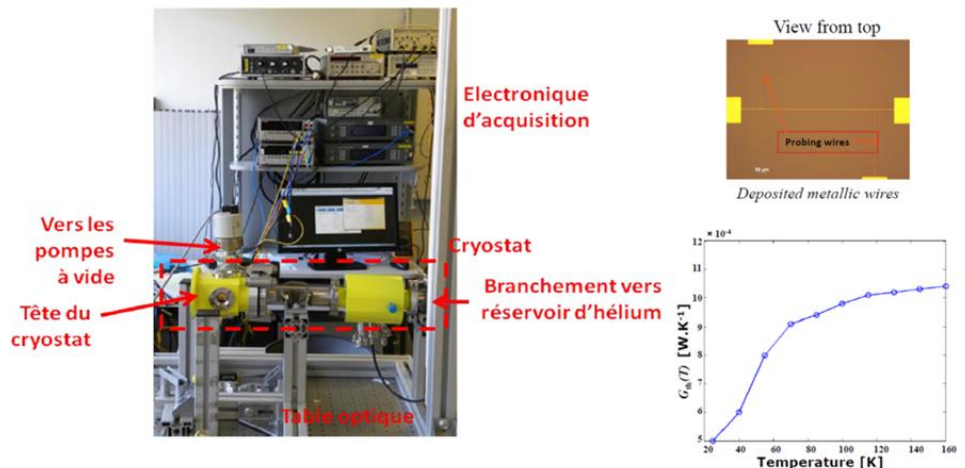
(a) Régime diffusif (loi de Fourier), lorsque la taille D du milieu est grande devant le libre parcours moyen des porteurs d'énergie (distance entre deux collisions avec d'autres porteurs d'énergie) et leur longueur d'onde. (b) Régime balistique, lorsque les porteurs d'énergie sont confinés parce que la taille du milieu est plus petite que leur libre parcours moyen. (c) Régime ondulatoire, lorsque le milieu est plus petit que le libre parcours moyen et de l'ordre de la longueur d'onde.

Les travaux proposés consistent en une étude expérimentale de différentes couches minces en fonction de leur épaisseur, afin d'observer systématiquement les transitions entre régime [2]. Les expériences mettront à profit l'installation expérimentale basée sur un cryostat qui permet des mesures électrothermiques de conductivité thermique effective (ou conductance thermique, voir Figure 2) [3]. Différents matériaux seront étudiés. L'objectif est de déterminer les discontinuités locales de température balistique aux contacts entre matériaux.

Une fois ces paramètres connus, ils pourront être comparés à des simulations basées sur la résolution de l'équation de transport de Boltzmann des phonons (similaire à l'équation des transferts radiatifs en rayonnement thermique), qui permettent d'obtenir des profils de température locale (similaires à la Figure 1). Ceci permettra de déterminer des paramètres effectifs utiles pour les analyses thermomécaniques.

Figure 2. Mesures électro-thermiques de conductivités thermiques effectives.

- (a) Dispositif expérimental.
 (b) Vision de la surface d'un échantillon sur lequel des fils métalliques de mesure ont été déposés par lithographie.
 (c) Exemple de mesure en fonction de la température



Des déplacements et des missions, notamment en France et en Europe, sont à prévoir.

[1] *Introduction to heat transfer at nanoscale*, P.-O. Chapuis, in “Thermometry at the nanoscale: Techniques and selected applications”, RSC Publishing, F. Palacios and L. Carlos ed., 2015.
<http://pubs.rsc.org/en/content/ebook/978-1-84973-904-7#!divbookcontent>
 [2] P.O. Chapuis, *et al.*, Proceedings of MIXDES (Mixed Design of Integrated Circuits & Systems) conference, Lodz (Poland), 2016.
 [3] W. Jaber, *et al.*, Proceedings of THERMINIC (Thermal Investigations of ICs and Systems) conference, Berlin (Germany), 2013.

Pré requis : Le(la) candidat(e) possèdera un M2 (ou diplôme équivalent d'une grande école) en physique ou en sciences pour l'ingénieur. Il(Elle) sera particulièrement intéressé(e) par les études expérimentales et leur analyse.

Encadrement de la thèse :

Olivier CHAPUIS Chargé de Recherche CNRS (olivier.chapuis@insa-lyon.fr ; 04 72 43 63 85)

Financement : Thèse susceptible d'être financée par un contrat doctoral de l'INSA et effectuée dans le cadre de l'Ecole Doctorale « MEGA de Lyon ». L'obtention du financement requiert une audition par un jury de l'Ecole Doctorale en juin 2017, qui prend en compte les notes de M2.

Procédure : Transmettre par e-mail votre CV, votre lettre de motivation, vos notes de M2, ainsi que les noms de références qui pourront vous recommander.

(english version upon request)