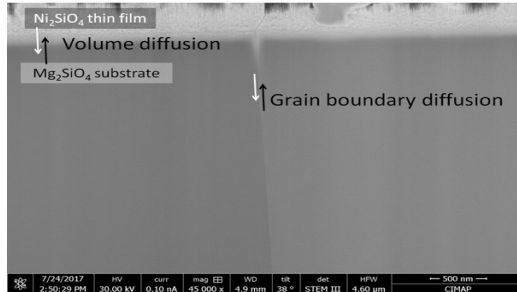




Diffusion sous irradiation et à haute température dans les isolants

Emmanuel Gardés : tél : 02.31.45.48.08, gardes@ganil.fr

L'évolution de la plupart des propriétés d'usage des matériaux en environnement nucléaire découle de la diffusion atomique et de son accélération avec l'irradiation. Parmi les matériaux utilisés en ambiance nucléaire, l'accélération de la diffusion atomique sous irradiation dans les métaux est plutôt bien documentée. Ce n'est pas le cas pour les isolants, dont l'utilisation dans l'industrie électronucléaire, parfois à des points critiques, est croissante. Dans certaines de leurs utilisations, dans les installations actuelles ou futures, comme par exemple le combustible, leurs températures en fonctionnement normal ou incidentel pourraient excéder 1000°C. Afin d'améliorer les connaissances sur les phénomènes de diffusion sous rayonnements dans les isolants, l'équipe MADIR du CIMAP, en collaboration avec le CRISMAT-Caen et le GPM-Rouen, grâce à un financement du LabEx EMC₃ (projet RED1), a développé un dispositif permettant de réaliser des expériences de diffusion sous irradiation jusqu'à très haute température



(~1600°C). Nous travaillons sur des oxydes modèles, notamment sous forme de bi-cristaux, afin d'étudier conjointement la diffusion sous irradiation en volume et aux joints de grains. Ce dernier point est important car la plupart des matériaux isolants sont polycristallins ou composites. Le projet se poursuivra par le développement d'un suivi *in-situ* de la diffusion sous irradiation en dotant le microscope électronique à très haute tension (1.2 MV) du SRMA-Saclay (DEN) d'un porte-objet chauffant à très haute température (projet THT² du programme exploratoire bottom-up du CEA).

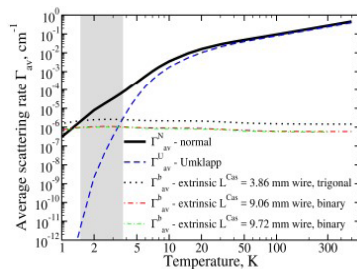
En haut : dispositif d'irradiation sous très haute température installé sur les lignes du GANIL.
En bas : image de microscopie électronique en transmission d'un échantillon composé d'une couche mince de Ni₂SiO₄ déposée sur un bi-cristal de Mg₂SiO₄, après irradiation sous haute température (6h à 900°C et sous flux de 10¹¹ ions Ar/cm²/s); cet échantillon permet l'étude concomitante de la diffusion sous irradiation en volume et au joint de grains.



Étude *ab initio* des régimes de transport de la chaleur dans le bismuth

Jelena SIAKSTE : tél : 01.69.33/45.11, jelena.sjakste@polytechnique.edu
Nathalie VAST : tél : /45. 51, nathalie.vast@polytechnique.edu

L'amélioration de la performance des matériaux thermoélectriques nécessite la compréhension des processus du transport électronique et du transport de la chaleur. Dans un solide, la chaleur est transportée par des quanta de vibration du réseau cristallin, les phonons. Dans le régime dit "cinétique", les phonons se comportent comme des particules indépendantes, et leur libre parcours moyen est déterminé par la vitesse de groupe, et par l'ensemble des processus de collision. On parle alors d'un "gaz de phonons". Dans le régime hydrodynamique, au contraire, les phonons sont propagés de manière collective, sous la forme d'une onde de température. Un des rares matériaux dans lesquels le régime hydrodynamique a été observé expérimentalement est le bismuth. Nous avons étudié le transport de la chaleur dans le bismuth en utilisant la description *ab initio*, basée sur la théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT), et l'équation de transport de Boltzmann. Nous avons montré que, entre 1,5 et 3 K, les conditions sont réunies



A gauche : probabilités des différents types de collisions dans le bismuth. La zone grise indique les températures pour lesquelles on peut s'attendre au régime hydrodynamique. A droite : comparaison du libre parcours moyen des phonons individuels (λ_{gas}) avec la longueur de propagation de l'onde thermique (λ_{hydro}), déterminées à partir de la conductivité thermique dans des échantillons de différente taille. On voit que les deux quantités deviennent différentes dans le régime hydrodynamique.

pour l'apparition du régime hydrodynamique (figure de gauche). Pour cela, nous avons comparé les probabilités de collision des processus anharmoniques dits "Umklapp" et "normaux". Dans le premier cas, la collision entre deux phonons produit un phonon dans la direction opposée à celle du transport de la chaleur. Dans le cas d'un processus "normal", par contre, le phonon produit contribue au transport de la chaleur dans la direction initiale. La prédominance des processus "normaux" induit la repopulation de phonons et mène au régime hydrodynamique. La longueur de propagation de l'onde thermique est très différente du libre parcours moyen des phonons individuels (figure de droite). Nous avons proposé un moyen ("Gedanken experiment") pour déterminer expérimentalement la transition entre le régime cinétique et le régime hydrodynamique, à partir de mesures de la conductivité thermique dans des échantillons de différentes tailles.

