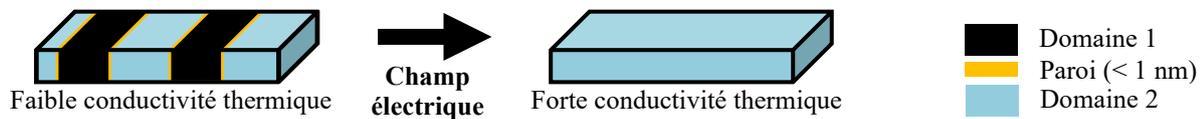


Offre de thèse

Manipuler les flux de chaleur avec un champ électrique

Mots clés : oxydes, ferroélectriques, thermique

Contexte : Les fondamentaux du transport de chaleur et de charge dans les solides ont été compris il y a deux siècles, via deux célèbres lois : la loi de Fourier et la loi d'Ohm. Cependant, l'évolution du transport de chaleur et de charge ont été très différentes. Les progrès technologiques en science des matériaux (ex : semi-conducteurs de haute qualité) combinés avec les progrès fondamentaux en physique de la matière condensée (mécanique quantique) ont permis d'obtenir un excellent contrôle des flux de charge et ont conduit à l'invention du transistor et de tous les appareils électroniques de notre vie quotidienne. Au contraire, manipuler les flux de chaleur reste un défi. Pourtant, le contrôle des flux de chaleur est primordial dans les circuits électroniques et pourrait conduire au développement d'un nouveau paradigme de logique (phononique)¹.



Des résultats expérimentaux récents et des simulations montrent que les **oxydes ferroélectriques** peuvent être utilisés pour obtenir un contrôle **dynamique** des flux de chaleur dans une large gamme de température^{2,3}. Les oxydes ferroélectriques possèdent une polarisation électrique qui varie spatialement dans un même échantillon et qui peut être **contrôlée en appliquant un champ électrique**⁴. Les régions de polarisation uniforme sont appelées des **domaines**, et les frontières entre domaines adjacents sont appelées des **parois de domaines**. Les parois de domaines sont extrêmement fines (< 1 nanomètre) et sont corrélées à des changements structuraux, modifiant les distances interatomiques⁵. Ces inhomogénéités structurales ont un impact direct sur la propagation des phonons qui conduisent la chaleur. Ainsi, en augmentant la densité de parois de domaines, il est possible d'augmenter le nombre de collisions entre phonons et parois de domaines et donc de réduire la conductivité thermique.

La possibilité de contrôler la conductivité thermique d'oxydes avec un champ électrique permettrait d'atteindre des jalons clés dans la manipulation de la chaleur, et conduirait à la conception de diodes et interrupteurs thermiques, cruciaux pour le développement d'un nouveau paradigme de gestion thermique.

Objectifs et méthodes : Ce projet de thèse multidisciplinaire se concentre sur l'étude expérimentale de la conductivité thermique dans des oxydes ferroélectriques sous champ électrique en vue de la compréhension des interactions **phonons-parois de domaines** dans ces systèmes. Il sera mené en combinant une approche science des matériaux, se concentrant sur le contrôle de la structure en domaines pour augmenter la densité de parois de domaines, et une approche physique de la matière condensée, où la conductivité thermique et la dynamique des phonons sera étudiée.

- 1- **Science des matériaux. Structure en domaines : densité et dynamique.**
 - Synthèse de ferroélectriques sous forme de monocristaux et céramiques (ex : BaTiO₃)
 - Optimisation de la structure en domaines (ex : recuits, trempe rapide)
 - Réponse de la structure en domaines à un champ électrique (mesures électriques/optiques)
- 2- **Physique de la matière condensée. Conductivité thermique et interactions phonons-parois.**
 - Mesures de la conductivité thermique (méthode laser-flash, caméra infrarouge)
 - Etude de la dynamique des phonons (diffusion inélastique sur grands instruments)

Durant la thèse, l'étudiant·e aura la possibilité de passer du temps dans plusieurs laboratoires internationaux : Université de Cambridge, Université de Darmstadt, Université du Luxembourg.

[1] N. Li *et al.*, Rev. Mod. Phys. 84, 001045 (2012) ; [2] E. Langenberg *et al.*, Nano Lett. 19, 007901 (2019) ; [3] J.A. Seijas-Bellido *et al.*, Phys. Rev. B. 96, 140101 (2017) ; [4] B. Casals, **G.F. Nataf**, E.K.H. Salje, Nat. Commun. 12, 345 (2021) ; [5] **G.F. Nataf et al.**, Nature Reviews Physics 2, 634 (2020)

Environnement : La thèse se déroulera au sein du laboratoire **GREMAN** (<http://greman.univ-tours.fr/>) qui bénéficie d'une forte expertise sur les oxydes ferroélectriques allant de l'élaboration de matériaux jusqu'à leur intégration dans des dispositifs fonctionnels, en passant par leur caractérisation complète. Le·la candidat·e sera amené·e ponctuellement à effectuer des caractérisations sur le site du CERTeM, Centre d'Etude et de Recherche en Micro-électronique (<http://certem.univ-tours.fr/>).

Profil recherché : Le·la candidat·e devra posséder un Master ou diplôme d'ingénieur en Physique, Chimie ou Sciences des Matériaux. Etudiant·e motivé·e et dynamique ayant de fortes capacités pour le travail expérimental, une bonne maîtrise de l'anglais (écrit et oral) ainsi que de fortes capacités rédactionnelles. Une expérience de stage en laboratoire de recherche sera appréciée.

Modalités de candidature : Le recrutement se fera en 3 étapes,

1) **Présélection sur dossier (date limite pour candidater, le 31 mars 2021 à 23h)** : Le·la candidat·e devra remplir le dossier de candidature accessible via https://collegedoctoral-cvl.fr/as/ed/voirproposition.pl?matricule_prop=33786&site=CDCVL comprenant les pièces suivantes :

- Lettre de motivation (1 page au maximum) ;
- CV détaillé ;
- Relevés de notes : Licence, Masters (ou équivalent) ;
- Lettre de recommandation par son·sa responsable de stage de Master ;
- Toutes autres informations permettant d'apprécier la candidature.

Toutes les applications seront évaluées rapidement et les candidat·es les plus prometteurs·euses seront invité·es pour une audition au GREMAN (ou à distance) par le responsable scientifique.

2) **Audition par le responsable scientifique (avril 2021, au GREMAN ou en ligne)** : Chaque candidat·e aura 20 minutes pour présenter son parcours et son intérêt pour le projet de thèse, suivies de 30 minutes d'échange.

A l'issue de cette étape, 3 candidat·es seront invité·es pour une audition par le jury de l'Ecole Doctorale Energie Matériaux Sciences de la Terre et de l'Univers N°552 (lieu et présentiel/distanciel à définir en fonction de la situation).

3) **Audition pour sélection finale (mardi 18 et mercredi 19 mai 2021)** : Les auditions des candidat·es seront assurées par un jury mis en place par l'Ecole Doctorale, elles auront lieu les 18 et 19 mai 2021. Chaque candidat aura 10 minutes pour présenter son parcours et son projet de thèse, suivies de 10 minutes d'échange avec le jury.

Contact du responsable scientifique : Guillaume NATAF (Chargé de recherche CNRS), guillaume.nataf@univ-tours.fr

Détails sur le poste à pourvoir : contrat doctoral universitaire d'une durée de 3 ans débutant au **1^{er} octobre 2021**. Statut et rémunération de l'étudiant·e selon les textes en vigueur (environ 1760€ brut). Possibilité d'activités complémentaires d'enseignement.