

**Titre :** Métamatériaux pour le contrôle de flux thermiques

**Mots clés :** métamatériaux, thermique, instrumentation

### **Présentation de l'établissement recruteur**

L'Université Bourgogne Franche-Comté (UBFC) est une communauté d'universités et d'établissements (COMUE) qui regroupe sept établissements d'enseignement supérieur et de recherche. Elle est tutelle en particulier des laboratoires FEMTO-ST et ICB.

L'institut FEMTO-ST (Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies [www.femto-st.fr](http://www.femto-st.fr)) est un laboratoire de recherche associé au CNRS et rattaché à l'UBFC. Situé à Besançon en France, FEMTO-ST est l'un des laboratoires les plus gros de France en Sciences pour l'Ingénieur (environ 750 personnes). Ses domaines d'activité sont l'électronique, la mécanique, la thermique, l'optique, l'automatique et l'informatique.

Au sein de FEMTO-ST, la centrale technologique MIMENTO (Microfabrication pour la MEcanique, les Nanosciences, la Thermique et l'Optique) possède une salle blanche de 865 m<sup>2</sup> à l'état de l'art. Il s'agit de l'une des 5 centrales du 1er cercle du réseau RENATECH.

La thèse aura lieu dans le département MN2S (Micro Nano Sciences & Systèmes) dans l'équipe PHOMI (Phononique & Microscopie) qui possède une longue expérience dans les domaines de l'instrumentation (notamment thermique), de la phononique et des métamatériaux.

Le laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB) est une unité mixte de recherche CNRS, Université de Bourgogne, et Université de Technologie de Belfort Montbéliard. Les principales orientations scientifiques du laboratoire ICB dans les domaines de la physique, de la chimie physique ainsi que ceux de l'ingénierie des matériaux associée à l'ingénierie mécanique sont portées par 6 départements et 4 plateformes technologiques. Le sujet de thèse fera intervenir les départements Photonique, Nanosciences ainsi que le Centre de NanoFabrication (CNF) de la plateforme technique ARCEN-CARNOT.

La localisation principale du doctorant sera dans le bâtiment TEMIS de FEMTO-ST à Besançon. Cependant une partie de sa recherche sera aussi effectuée à l'ICB (Dijon) à 1h en voiture ou train.

### **Description de la thèse**

La maîtrise des transferts de chaleur a une importance fondamentale dans les technologies modernes intégrant des nanocomposants ou des matériaux nanostructurés, en particulier dans le domaine de la nanoélectronique, pour éviter les surchauffes, les composants de récupération d'énergie thermoélectrique [D. G. Cahill *et al.*, *Applied Physics Reviews* 1, 011305 (2014)] ou encore la chimie photothermique avec la génération de nanosources de chaleur [Thermoplasmonics, G. Baffou, Cambridge University Press (2017)].

Les métamatériaux sont des matériaux composites artificiels permettant d'obtenir des comportements que l'on ne trouve pas à l'état naturel. L'utilisation de métamatériaux dans le contexte d'une ingénierie de la chaleur est une approche technologique innovante déployées dans le but d'améliorer les propriétés de certains systèmes thermiques.

Les objectifs de cette thèse sont de concevoir, réaliser et caractériser des métamatériaux thermiques permettant de contrôler la propagation de la chaleur à l'échelle micrométrique en associant spatialement des matériaux conducteurs de chaleur à des isolants thermiques.

La conception de ces structures s'appuiera sur des simulations par éléments finis et les méthodes de transformation. Ces dernières, avec une théorie d'homogénéisation à 2 échelles, nous permettent d'optimiser un design quelle que soit la nature des matériaux utilisés.

La réalisation sera faite en utilisant les salles blanches régionales du réseau Renatech+MIMENTO et ARCEN-Carnot. La fabrication additive utilisant une polymérisation à 2 photons pour une impression 3D de résine allant de l'échelle sub-micronique à l'échelle millimétrique (Nanoscribe) sera en particulier utilisée.

La caractérisation sera faite à l'aide d'outils complémentaires : caméra thermique, bancs de thermoréfectance (avec en particulier un banc pompe-sonde femto-secondes), microscope thermique à balayage ou imageur de phase. Le (la) candidat(e) pourra participer à l'amélioration de ces bancs.

L'un des premiers objets fabriqués et caractérisés sera un concentrateur de flux thermique qui ne perturbe pas l'écoulement thermique [Q. Ji *et al.*, International Journal of Heat and Mass Transfer 169 (2021) 120948]

### **Profil du candidat**

Le (la) candidat(e) devra être titulaire d'un Master 2 ou équivalent. Il (elle) devra avoir de bonnes connaissances en physique générale. Il (elle) doit être rigoureux(se) et présenter à la fois un intérêt théorique et expérimental pour la physique. Des connaissances sur les techniques de salle blanche sont un plus.

### **Contacts :**

Sébastien EUPHRASIE (sebastien.euphrasie@femto-st.fr)

Aymeric LERAY ([aymeric.leray@u-bourgogne.fr](mailto:aymeric.leray@u-bourgogne.fr))

Envoyez un 1 CV, une lettre de motivation, vos dernières notes, une lettre de recommandation du responsable de votre formation ou de votre encadrant de stage BAC+5.