

**Mise en place de références métrologiques pour la mesure de conductivité thermique par SThM**

**Contexte :** La microscopie à sonde locale a été mise en place dans les années 90 pour caractériser la topographie de matériaux à l'échelle nanométrique. Depuis elle a connu de nombreux développements, en particulier dans le domaine de la thermique avec le principe du SThM (Scanning Thermal Microscopy) et peut être considérée aujourd'hui comme une voie d'exploration des échanges de chaleur à l'échelle nanométrique pour des applications liées à la micro-électronique (batteries, support de mémoire, cartes...). Un des axes de recherche consiste à étudier son utilisation en mode passif pour la mesure de température à la surface de matériaux avec une résolution de l'ordre de la dizaine de nanomètres. Un autre axe se focalise sur le développement d'une méthodologie de mesure des propriétés de transport de la chaleur (conductivité thermique par exemple) d'un matériau en perturbant localement sa surface (par effet joule) et en analysant les variations de résistance électrique de la sonde, permettant ainsi de caractériser le transfert de chaleur entre la sonde et le matériau. La mesure de la résistance électrique de la sonde est sujette à de nombreuses sources d'incertitude liées, d'une part aux caractéristiques techniques de celle-ci, d'autre part à la nature du contact sonde-matériau.

Pour pouvoir évaluer les performances métrologiques du microscope thermique à sonde locale développé au LNE, l'équipe du département Matériaux s'est engagée dans une analyse quantitative de l'effet des facteurs d'influence (dérive, intensité, état de surface du matériau....) et dans l'établissement d'un premier budget d'incertitudes associé aux grandeurs thermiques mesurées. Cependant de nombreux aspects théoriques et expérimentaux restent encore à étudier avant d'être en capacité de réaliser des mesures quantitatives de conductivité thermique fiables et traçables au système international d'unités (SI) par SThM.

L'objectif général de la thèse est donc de poursuivre ces actions métrologiques avec pour finalité de disposer d'une méthodologie fiable et robuste pour la mesure de conductivité thermique par SThM.

**Programme de travail :** La thèse se déroulera au département Matériaux du LNE à Trappes et au Centre d'Energétique et de Thermique de Lyon (CETHIL). En s'appuyant sur la double expertise du département Matériaux dans le domaine de la mesure des propriétés thermophysiques et celle du CETHIL dans la microscopie à sonde locale, le doctorant réalisera notamment les travaux de recherche suivants :

- Optimiser les paramètres des protocoles de mesure et d'étalonnage de manière à réduire leur influence sur le budget d'incertitudes,
- Développer et valider un modèle mathématique de l'interaction thermique sonde-matériau permettant de relier la mesurande (typiquement la variation de résistance de la sonde ou de l'intensité) à la grandeur thermique étudiée pour pouvoir appliquer une méthode de propagation des incertitudes,
- Caractériser thermiquement plusieurs échantillons de matériaux avec différents types de sonde (2 fils vs 4 fils, thermo-résistives vs Wollaston...) afin d'affiner le protocole existant,
- Etudier les incertitudes de mesure liées à l'interaction sonde-matériau : effet de la localisation de la mesure, effet de la force d'appui, effet de la pression, effet de l'état de surface...
- Réaliser un budget d'incertitudes avec le support du département Mathématiques et Statistiques du LNE
- Réaliser la cartographie de conductivité thermique à la surface d'échantillons complexes composés de plusieurs (2 ou 3) matériaux pour montrer la capacité du couple protocole/budget à traiter des configurations industrielles.

**Profil :** titulaire d'un master 2 Recherche au 1<sup>er</sup> Sept. Spécialité: thermique. Goût pour l'expérimentation et la programmation.

**Encadrants :** Bruno Hay (LNE) & Séverine Gomés (CETHIL)

**Début de la thèse :** 2020

**Ecole Doctorale :** Inscription à l'école doctorale Mécanique, Energétique, Génie civil et Acoustique (MEGA).

**Pour tout renseignement :** Nolwenn Fleurence, Chercheur en nanothermique, [nolwenn.fleurence@lne.fr](mailto:nolwenn.fleurence@lne.fr) ou Séverine Gomés, Directeur de Recherche CNRS, CETHIL, Groupe Micro et Nanothermique, [severine.gomes@insa-lyon.fr](mailto:severine.gomes@insa-lyon.fr), 04 72 43 64 28

