

## Caractérisation d'écoulements extrêmes dans les réacteurs nucléaires : mise au point de capteurs anémométriques de petites dimensions

**Contact :** Alain GIRARD DRF//INAC/SBT/LRTH [alain.girard@cea.fr](mailto:alain.girard@cea.fr) 0438784365

**Stage pouvant se poursuivre en thèse :** Non

### Résumé :

La sécurité des centrales nucléaires est très liée au bon refroidissement de celles-ci. Le CEA développe des codes numériques (CATHARE, TrioCFD) pour simuler le refroidissement des cœurs de réacteur, afin d'optimiser et de garantir leur bon refroidissement. Néanmoins ces codes exigent des validations expérimentales dans des conditions analogues au fonctionnement des réacteurs. L'expérience METERO actuellement en cours de réalisation à Saclay vise à valider les transferts turbulents dans diverses situations accidentelles. Elle doit donc être équipée d'une instrumentation permettant de mesurer vitesse et température de fluide au sein d'un cœur de réacteur modèle. Du fait des conditions expérimentales extrêmes (notamment en termes d'accessibilité) il n'existe pas de capteur commercial (thermo-anémomètre fil chaud/fil froid) permettant de mesurer le champ de vitesses et températures dans l'écoulement.

Dans ce stage on développera un capteur micro fabriqué adapté à l'expérience METERO. Le stage consiste à concevoir, dessiner le masque et mettre au point le procédé de fabrication des capteurs, en liaison étroite avec les ingénieurs de l'INAC. Ce procédé présente les étapes suivantes : (i) lithographie et dépôt suivie d'un lift off, (ii) gravure ; (iii) les fils seront ensuite connectés sur le substrat ; (iv) une dernière phase de synthèse et dépôt d'alumine par pulvérisation sera enfin mise en œuvre pour que la surface du capteur soit isolée et puisse être en contact avec l'eau sans dommage pour celui-ci. Le capteur sera ensuite intégré et étalonné en soufflerie.

### Sujet détaillé :

La sécurité des réacteurs nucléaires est directement liée à leur bon refroidissement. La thermohydraulique est donc un sujet majeur de sécurité au sein du CEA. L'étude du bon refroidissement du cœur des réacteurs est une priorité du STMF (DEN/DANS/DRN/STMF) au CEA Saclay. Ce laboratoire développe des outils de simulation des écoulements dans les réacteurs (code CATHARE, TrioCFD), dont les résultats doivent néanmoins être validés par l'expérience. Le refroidissement convectif, largement utilisé dans les réacteurs nucléaires, est en effet modélisé à l'aide des équations de Navier Stokes, dont la résolution pose des problèmes tant numériques que fondamentaux. Le recours à l'expérience est donc indispensable pour disposer de codes robustes et validés dans les conditions de leur utilisation.

Le STMF développe actuellement l'expérience METERO dédiée à l'étude des transferts turbulents de masse et d'énergie dans un assemblage de réacteur aux conditions de fonctionnements dégradées telle que : rupture de tuyauterie (grosse brèche et petite brèche), évacuation de la puissance résiduelle. L'instrumentation qui doit y être installée a recours en particulier pour la mesure du champ des vitesses et des températures à la thermo-anémométrie (fil chaud, fil froid). Si celle-ci est aujourd'hui bien connue dans ses principes, il n'existe hélas pas de capteur disponible commercialement pour répondre aux contraintes qu'imposent son utilisation dans l'expérience METERO du fait des contraintes extérieures posées par l'écoulement et le faisceau de tubes qui simule l'assemblage. C'est pourquoi le STMF souhaite développer des capteurs dédiés. Ces capteurs font largement appel aux techniques de micro-fabrication (technologies MEMS), afin de disposer de capteurs miniatures aptes à mesurer l'écoulement précisément. Pour ces techniques, le STMF s'appuiera sur l'expertise présente à l'INAC à Grenoble, avec lequel une collaboration a été mise sur pied en instrumentation. L'INAC dispose de la Plateforme Technologique Amont (PTA) où se trouvent toutes les techniques nécessaires de lithographie, dépôts de couches minces, gravure et caractérisation (microscopies optique et électronique).

Le stage consiste à concevoir, dessiner le masque et mettre au point le procédé de fabrication des capteurs, en liaison étroite avec les ingénieurs de l'INAC. Ce procédé présente les étapes suivantes : (i) lithographie et dépôt suivie d'un lift off, (ii) gravure ; (iii) les fils seront ensuite connectés sur le

substrat ; (iv) une dernière phase de synthèse et dépôt d'alumine par pulvérisation sera enfin mise en ?uvre pour que la surface du capteur soit isolée et puisse être en contact avec l'eau sans dommage pour celui-ci. Le capteur sera ensuite intégré et étalonné en soufflerie.

Le stagiaire mettra en ?uvre un logiciel de CAO de micro-fabrication, se formera aux techniques de lithographie, dépôt et gravure. Le travail se déroulera au CEA Grenoble, sous l'encadrement de A. Girard (INAC/SBT) et en étroite collaboration avec les ingénieurs du STMF.

Ce travail est destiné à un stagiaire M2 ou 3ème année d'école d'ingénieur ayant reçu une première formation en microfabrication.

Contacts :

Au SBT: [alain.girard@cea.fr](mailto:alain.girard@cea.fr) , 04.38.78.43.65.

Au STMF: [jean-paul.moro@cea.fr](mailto:jean-paul.moro@cea.fr)

**Compétences requises :**

instrumentation; micro fabrication; gravure; dépôt sous vide