

Ecole doctorale 305 « Energie Environnement »

## AVIS DE PRESENTATION DE TRAVAUX EN VUE DE L'OBTENTION DU DOCTORAT

Monsieur Vincent HELFER soutiendra sa thèse le **14 janvier 2025 à 14h00** à **INSTN, Centre CEA Saclay D306 / Porte Est, 91190 Saclay**, salle **Amphithéâtre**, un doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia, spécialité **Physique**.

**TITRE DE LA THESE** : Fluorescence Induite par Laser (LIF) haute résolution appliquée à la mesure de température d'écoulements turbulents aqueux

**RESUME** : La prédiction de l'évolution des systèmes thermo-hydrauliques constitue un enjeu industriel majeur, notamment dans le secteur nucléaire où l'on cherche à démontrer la sûreté des centrales en cas d'accident. Le CEA réalise en partie les études associées, et simule numériquement le comportement du fluide caloporteur du cœur de réacteur. La réalisation de mesures expérimentales sur des systèmes hydrauliques identiques ou similaires est aujourd'hui indispensable à la validation des simulations, ainsi qu'à la calibration de ces dernières. Notamment, la distribution spatiale des températures du fluide au contact du combustible nucléaire, paramètre d'intérêt majeur pour le refroidissement du cœur, reste difficile à prédire, que ce soit à grandes échelles ou à l'échelle locale. Pour caractériser expérimentalement ces températures, la LIF (Fluorescence Induite par Laser) est une technique adaptée, car elle permet notamment de réaliser des mesures de température en milieux aqueux par visualisation. Cette dernière permet une description non intrusive des températures globales, locale selon la résolution de visualisation, et instantanée grâce à l'utilisation d'un laser pulsé comme source d'éclairage. Cependant, la littérature signale plusieurs phénomènes sources d'erreur et d'incertitude pour cette méthode de mesure, qui altère sa capacité à générer des champs de température moyens d'un écoulement de manière juste et précise. Cette étude a donc choisi de développer un système de mesure similaire, et d'en atténuer les perturbations de mesure au maximum. Ces dernières prennent le nom de « conflits spectraux » en raison de phénomènes d'absorption lumineuse associés à l'écoulement lui-même, et de « striations » initiées par l'éclairage laser et amplifiées par les variations de température de l'écoulement. Une fois le développement réalisé, différentes expériences d'écoulement déjà bien décrites dans la littérature sont menées, afin de discuter des performances du système. Deux expériences distinctes, jets confinés et libres, tous deux anisothermes et turbulents, sont menées. La première est une expérience de remplissage de boîte au cours de laquelle un milieu stratifié en température est établi par le jet, puis transporté au cours de l'injection. Les résultats de visualisation ont montré que le système de mesures est capable de décrire avec précision les différents comportements du fluide. En revanche, la justesse des mesures s'est avérée insuffisante, ce qui a conduit à des derniers affinements liés au développement, ainsi qu'à la réalisation d'une série d'expériences de jets libres statistiquement permanents. Il a alors été constaté que ce manque de justesse pouvait être corrigé par une opération linéaire unique, agissant comme un deuxième étalonnage thermique spécifique à l'écoulement d'intérêt. Après ré-étalonnage, le système de mesure fournit des estimations correctes de champs de température dans la zone de transition des jets turbulents, d'après une comparaison avec un modèle de référence calibré par des mesures de vitesse supplémentaires (PIV). Des déterminations statistiques de la turbulence de la partie auto-similaire du jet ont aussi été établies. Ces dernières semblent moins impactées par les striations des champs mesurés, en raison de leur stationnarité, et présentent une similitude satisfaisante avec les déterminations statistiques de la littérature. Cette étude démontre la capacité d'un tel système à décrire les températures d'un écoulement aqueux turbulent (jusqu'à  $Re = 4\ 000$ ) et anisotherme ( $\Delta T = 40^\circ C$ ) de type couche de mélange, de manière globale et locale. Pour le système ré-étalonné, la précision des mesures obtenues est d'environ  $1^\circ C$ , et les limites du système à décrire les fluctuations de température turbulentes semblent se situer dans les régions d'écoulement où la température moyenne est inférieure de plus de  $1,5^\circ C$  à la température environnante.

**Directeur de thèse** :

Adrien TOUTANT, PROCédés, Matériaux et Energie Solaire - Université de Perpignan Via Domitia

**Laboratoire où la thèse a été préparée** : PROCédés, Matériaux et Energie Solaire

**Le jury sera composé de :**

- M. Guillaume CASTANET, Directeur de recherche, Université de Lorraine, CNRS/LEMETA (**Rapporteur**)
- M. Jan-bert FLOR, Directeur de recherche, Université Grenoble, CNRS/LEGI (**Rapporteur**)
- M. Adrien TOUTANT, Maître de conférences, Université de Perpignan Via Domitia, CNRS/PROMES (**Directeur de thèse**)
- Mme Françoise BATAILLE, Professeure, Université de Perpignan Via Domitia, CNRS/PROMES (**Examinateur**)
- M. Jean-marc FOUCAUT, Professeur, Ecole centrale de Lille, LMFL (**Examinateur**)
- M. Serge SIMOENS, Directeur de recherche, Ecole centrale Lyon, CNRS/LMFA (**Examinateur**)
- M. Philippe FILLION, Ingénieure de recherche, Université Paris Saclay, CEA/DEN/DM2S/STMF (**Co-encadrant de thèse**)
- M. Benjamin CARITEAU, Docteur, Université Paris Saclay, CEA/DEN/DM2S/STMF/LE2H (**Co-encadrant de thèse**)