

Mesures de température de surface des composants face au plasma dans les tokamaks

Présenté par **Stéphane AMIEL**

Soutenance le vendredi 24 octobre à 10h00 dans l'amphithéâtre du département Mécanique Energétique du laboratoire IUSTI (5 rue Enrico Fermi, 13453 Marseille), devant le jury composé de :

Prof. Benjamin REMY	Université de Lorraine	Rapporteur
Prof. Thierry DUVAUT	Université de Reims Champagne-Ardenne	Rapporteur
Prof. Jean-Luc BATTAGLIA	Université de Bordeaux	Examinateur
Dr. HDR Jean-Claude KRAPEZ	ONERA Salon-de-Provence	Examinateur
Dr. Roger REICHLE	ITER Organization Cadarache	Examinateur
Prof. Christophe LE NILIOT	Aix-Marseille Université	Directeur de thèse
MCF. Fabrice RIGOLLET	Aix-Marseille Université	Co-Directeur de thèse
Dr. HDR Thierry LOARER	CEA Cadarache	Responsable CEA

Dans les machines de fusion thermonucléaire comme les tokamaks, la connaissance et la maîtrise des flux de chaleur déposés sur les composants face au plasma (CFP) est un enjeu majeur pour assurer la sécurité de la machine et parvenir à la réalisation de scénarios plasmas performants. Dans les machines actuelles (JET) et futures (WEST et ITER), les CFPs seront en matériaux métalliques (béryllium, tungstène) et le suivi des températures de surface sera assuré par des caméras infrarouges. Cependant, ces matériaux ont des émissivités faibles et variables avec la température. Par conséquent la contribution du flux réfléchi dans le flux collecté par les détecteurs ne pourra plus être supposée négligeable. La pyrométrie active, présentée dans cet exposé, permet de réaliser des mesures de température de surface de matériaux opaques indépendamment du flux réfléchi et de l'émissivité.

En effet, cette méthode utilise l'effet photothermique créé par une variation locale de la température de surface qui introduit une variation temporelle du flux de photons collecté par le détecteur. Un filtrage du signal mesuré permet d'obtenir uniquement le flux temporel qui est proportionnel à la variation du flux émis, à l'émissivité et à la variation de température. La variation de température introduite pour générer cet effet photothermique dépend de paramètres physiques du matériau qui varient dans le temps, en fonction de la température et qui restent globalement difficiles à estimer de façons précises et fiables. Le rapport de signaux mesurés à deux longueurs d'onde permet d'éliminer cette variation de température et fait apparaître un rapport d'émissivité. Ce rapport peut être simplement calibré, mesuré in-situ ou supposé connu. Finalement, le rapport des signaux dépend uniquement de la température de surface du matériau étudié indépendamment du flux réfléchi et de l'émissivité.

Cette soutenance de thèse présente :

-dans un premier temps, la réalisation de mesures de température de surface sur des CFPs métalliques de faible émissivité indépendamment du flux réfléchi et de l'émissivité en utilisant la pyrométrie active impulsionnelle. Cette méthode permet de réaliser des mesures de température ponctuelles avec une résolution temporelle de l'ordre de la dizaine de microsecondes.

-dans un second temps, l'utilisation de la pyrométrie active modulée couplée à une caméra infrarouge bicolore pour réaliser une mesure de température de surface en deux dimensions avec une résolution temporelle d'une centaine de millisecondes.

La réalisation de deux montages expérimentaux (méthodes impulsionnelle et modulée) a permis de valider la méthode de pyrométrie active en laboratoire pour des matériaux métalliques de faibles émissivités, d'évaluer les domaines opérationnels en températures et les choix des longueurs d'onde pour les deux méthodes. Cette validation expérimentale s'est accompagnée d'une modélisation de la variation de température et de l'évolution temporelle des signaux obtenus permettant d'optimiser à la fois les paramètres de la source excitatrice pour créer la variation de température en surface et de l'ensemble de la chaîne d'acquisition et du traitement des signaux photothermiques.

La dernière partie de cette soutenance s'attache à présenter l'application de ces deux méthodes dans un tokamak. Ainsi l'utilisation de la mesure de température ponctuelle réalisée par pyrométrie active impulsionnelle permet de réaliser une correction d'image infrarouge obtenue avec des caméras infrarouges classiques utilisées sur les tokamaks. Enfin un premier dimensionnement d'une installation de pyrométrie active modulée sur le projet WEST (CFPs en tungstène) est proposé.