

CEA
DIRECTION DE LA RECHERCHE FONDAMENTALE
INSTITUT DE RECHERCHE SUR LA FUSION PAR CONFINEMENT MAGNETIQUE
DIRECTION DU SERVICE D'INGENIERIE, DES INTERNES ET DES PROJETS
CEA/Cadarache - 13108 St Paul-lez-Durance Cedex
Tel. Secrétariat 04 42 25 65 44 - Télécopie : 04 42 25 49 90
e-mail : dirsipp@drfc.cad.cea.fr
Visitez notre site Web : <http://irfm.cea.fr>

**PROPOSITION DE SUJET DE THESE
POUR ETUDIANT OU CHERCHEUR ETRANGER –2017/2020**

Nom du Responsable : Aumeunier Marie-Helene

N° de téléphone : 04 42 25 48 34

e-mail : marie-helene.aumeunier@cea.fr

Service : Service d'Ingénierie, des Internes
et des Projets

Groupe : GP3

Titre du sujet : Vers une mesure thermique maîtrisée pour la protection des composants face au plasma métalliques d'un Tokamak : Expérimentation et Modélisation Photonique

Towards an accurate thermal measurement of metallic components in fusion facility: Experiments and Photonic modeling

Résumé du sujet :

(Indication du contenu et des méthodes en quelques lignes)

Les performances des expériences réalisées dans les futurs réacteurs de fusion nucléaire, comme ITER, dépendent fortement de la capacité à contrôler et à protéger la paroi interne des flux de chaleur déposé par le plasma. La thermographie infrarouge (IR) est aussi un système de mesure bien adapté pour fournir des images thermiques des composants face au plasma (PFCs) pendant les expériences plasma. Cependant, avec l'introduction des murs tout-métallique dans les machines de fusion, l'interprétation de la mesure IR est plus complexe à cause des phénomènes de perturbations, comme des réflexions parasites, ou des imprécisions sur l'émissivité des matériaux, conduisant aussi à des erreurs de mesure de température, potentiellement critique pour la sécurité de la machine. Le sujet de cette thèse vise à développer et valider expérimentalement une méthode numérique basée sur une simulation dite intégrée capable de modéliser tous les phénomènes physiques impliqués dans la chaîne de mesure : depuis la source jusqu'à la réponse instrumentale. L'étudiant sera en charge de mettre en place la simulation sur les machines de fusion expérimentale WEST (France) et ASDEX-Upgrade(Allemagne) : il participera aux expériences et conduira l'analyse et l'interprétation des données infrarouges en s'aidant de la simulation. L'étudiant travaillera aussi sur le développement d'une méthode d'inversion pour retrouver la température réelle de surface à partir des mesures infrarouges. Enfin l'étudiant travaillera avec les équipes responsables de la conception des futurs diagnostics infrarouges/visibles d'ITER pour prédire et étudier leurs performances dans le nouvel environnement tout-réfléctif.

The performances of the experiments performed in next step fusion facilities, such as ITER, will strongly depend on the ability to monitor and protect the vessel walls from excessive heat loads coming from the plasma power

deposition. Infra-red (IR) measurement is a very appropriate method to fulfill such requirements, by providing thermal images of the plasma facing components (PFCs) under plasma exposure. However, with the introduction of all-metal walls in fusion devices, disturbance phenomena, such as reflections, or inaccuracy on materials emissivity will affect the interpretation of IR measurements, leading to inaccurate PFC temperature estimate and potentially endangering machine safety. The topic of this thesis aims at performing and validating experimentally a numerical method based on physics-based simulation dealing with all physical processes involved in the measurements: from the source to the instrumental response. The student will be in charge of the implementation of synthetic diagnostic of WEST (France) and ASDEX UPGRADE facilities (Germany): he will participate to the plasma experiments and will lead the analysis and the interpretation of IR data by using the simulation. The student will work on the development of an inversion method to recover the true surface temperature from the infrared measurement. Last the student will work with the team in charge of the conception of ITER infrared and visible diagnostics in order to predict and study its performances in the new all-reflective environment.

Nature du travail à réaliser :

Le travail à réaliser pour cette thèse comprend à la fois des tâches de développement numérique et des tâches expérimentales qui vont permettre de comparer, valider, corriger la simulation. Deux principaux objectifs sont visés :

- 1) Mise en œuvre et consolidation par expérimentation du modèle numérique de diagnostic synthétique d'imagerie infrarouge à partir des expériences plasma WEST et ASDEX-Upgrade (simulation directe)
- 2) Développement et test de méthodes originales capable de traiter les différentes sources perturbatrices impliquées dans la chaîne de mesure pour passer des T° de luminance (mesurées par la camera) aux T° réelles de surface (flux thermiques) (problème de déconvolution ou simulation inverse)

The thesis work includes both numerical development and experimental tasks in order to validate and consolidate simulation. Two main objectives are expected:

- 1) Development and consolidation of synthetic Infrared diagnostic model from plasma experiences WEST and ASDEX-Upgrade (direct simulation)*
- 2) Development of original methods able to deal with the various disturbing involved in the measurement chain for getting reliable and an accurate estimation of the true surface temperature (deconvolution problem or inverse simulation).*

Financement: 60 % CFR (CEA, Fr) + 40% IPP-Garching (Germany)

Collaboration:

Pour ce projet de recherche, 3 partenaires sont impliqués en plus du CEA (leader) : 2 partenaires académiques et 1 partenaire industriel. Ce projet bénéficie aussi du soutien d'ITER Organization.

- **Max-Planck-Institut für Plasmaphysik Garching und Greifswald (IPP-Garching, Germany)**

Responsible person: Dr. Albrecht Herrmann

Group Head - ASDEX UPGRADE Upgrade maintenance and enhancement Tokamak-Scenario-

Raison collaboration avec ASDEX:

Les expériences menées sur la machine de fusion ASDEX-Upgrade (IPP/Allemagne) vont permettre de valider et consolider la simulation du diagnostic synthétique infrarouge dans d'autres conditions expérimentales (nouvelle géométrie, autres systèmes de camera et différents scénarios plasma). C'est aussi l'opportunité de bénéficier et de partager les expériences respectives entre nos 2 laboratoires sur l'interprétation des mesures infrarouges en environnement complexe.

- **Institut Universitaire des systèmes thermiques industriels, Université d'Aix-Marseille**

Responsible person: Dr. Fabrice Rigollet

Raison collaboration avec IUSTI:

L'institut IUSTI a une forte expertise dans le domaine des systèmes industriels thermiques. Ils présentent également une forte compétence pour les problèmes inverses, ce qui est indispensable pour la deuxième partie de cette thèse visant à développer une méthode d'inversion pour retrouver la température réelle de surface à partir des mesures infrarouges.

- **OPTIS SAS (France)**

Responsible person: Dominique Chabaud

Rue Parmentier, ZE La Farlède, 83 078 TOULON Cedex 9

Raison collaboration avec OPTIS:

La société OPTIS a une forte expertise en développement logiciel optique et photonique et collabore avec le CEA Cadarache sur ce projet de recherche depuis 2010. La collaboration avec un industriel sur ce projet est non seulement bénéfique pour l'amélioration de l'algorithme de simulation mais permet aussi dès à présent d'anticiper les enjeux techniques que nécessiterait le déploiement de l'outil sur d'autres installations (optimisation des temps de calcul, code serti pour la surveillance, etc.)