

**SUJET DE THÈSE 2017**

<b>Nom du Responsable de thèse :</b>  Yann CORRE	<b>e-mail :</b> <a href="mailto:yann.corre@cea.fr">yann.corre@cea.fr</a>
	<b>téléphone :</b> 04 42 25 49 81
	<b>secrétariat :</b> 04 42 25 49 90
<b>Équipe de Recherche :</b> SI2P / GP3	

**Titre du sujet de thèse :** Impact de la géométrie et de l'alignement des cibles en tungstène sur la génération des points chauds dans WEST

**Résumé du sujet :** Un des défis soulevé par le tokamak ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) concerne la conception et l'exploitation des composants face au plasma qui devront supporter des hauts flux de chaleur (jusqu'à  $10\text{MW.m}^{-2}$  en régime stationnaire). Ces composants sont activement refroidis et composés de cibles en tungstène. Le sujet de thèse est motivé par un enjeu majeur: le profilage de la surface et l'alignement des cibles en tungstène. En effet, les tolérances de fabrication et d'assemblage envisageables sont de l'ordre du dixième de millimètre, ce qui est suffisant pour entrainer la fusion des parties protubérantes exposées au flux en incidence normale. Le projet WEST (*Tungsten (W) Environment in Steady-state Tokamak*), qui repose sur la transformation du tokamak Tore Supra en machine métallique activement refroidie avec des composants face au plasma et des cibles en tungstène basés sur le même concept que celui utilisé pour ITER, représente une occasion unique d'étudier cette problématique. Nous proposons deux axes de recherche: un axe expérimental pour étudier le comportement des composants exposés au plasma et un axe numérique pour compléter notre schéma de compréhension du dépôt de la chaleur sur les composants face au plasma.

- L'objectif est de caractériser expérimentalement, d'une part le plasma qui génère le chargement thermique et d'autre part les composants face au plasma dans les régimes de faible et fort confinement prévus dans ITER (avec des flux plasma stationnaire et transitoire respectivement). Les analyses de ces expériences s'appuieront sur une instrumentation spécifique à la mesure thermique comprenant notamment 2 caméras infrarouges, 20 thermocouples (TC), 4 fibres à réseaux de Bragg (FBG) et un système de calorimétrie in-situ. Le travail consistera à concevoir et réaliser des expériences dans le but d'étudier le lien entre le flux plasma et la température des composants, en fonction de la géométrie des cibles (avec ou sans profilage) et pour les différents régimes opérationnels explorés. Ces résultats seront utilisés pour évaluer les risques et discuter quelle sont les conséquences pour l'exploitation d'un tokamak.
- La partie modélisation repose sur l'utilisation de deux codes utilisés successivement pour exploiter l'ensemble des mesures thermiques. Un premier code simulera la distribution spatiale et la projection du flux de chaleur transporté dans le plasma sur la surface du composant en fonction des multiples géométries des cibles (avec ou sans profilage de la surface) et des équilibres magnétiques (angle d'attaque des lignes de champ magnétiques, ombrage magnétique, position du plasma). Un second code permettra de simuler la diffusion de la chaleur dans le composant et d'établir le lien entre le flux de chaleur et la température du composant. Les températures simulées seront comparées aux mesures pour évaluer l'amplitude et la distribution spatiale du flux de chaleur sur les composants en fonction de leur géométrie. Les calculs seront appliqués aux différents régimes opérationnels explorés expérimentalement pour tester les codes et les hypothèses en fonction des paramètres plasma et ainsi consolider le pouvoir prédictif de ces outils pour ITER.

Ces travaux serviront, en plus de l'aspect validation des modèles et des hypothèses, à identifier les bases et les critères, physique ou technologique, qui pourront servir à définir et optimiser le profilage de la surface des cibles tout en limitant l'impact sur l'exploitation du tokamak. Plusieurs collaborations sont envisagées : la première avec les équipes ITER en charge de la conception des composants, la seconde avec le laboratoire CEA LIST pour exploiter les mesures FBG, la troisième avec le laboratoire IUSTI Marseille pour les modélisations thermiques et l'interprétation des mesures thermiques et enfin avec IPP-Prague pour la modélisation particulière du plasma dans les espaces inter-composants. Une collaboration avec le tokamak EAST, machine métallique (Tungstène) et activement refroidie, est aussi envisagée pour compléter les études menées dans WEST.

**Compétences souhaitées :** Physique des matériaux, modélisation thermique (éléments finis), physique des plasmas, calcul scientifique (matlab, fortran, C<sup>++</sup> ou python)

**Intitulé du master préconisé :** Mécanique et énergétique / Master fusion.