

Coordination de la Formation par la Recherche

## Sujet de Thèse CEA "SUJET-LABO 2018"

*Référence du dossier :*

*Pôle :* DRF

*N° :* SL-DRF-18-0240

### 1 - Laboratoire d'accueil au CEA

Centre : **Cadarache**

Département/Service : **IRFM / Service Intégration Plasma Paroi**

Nom du laboratoire : **GP2B/Groupe Physique du Plasma de Bord**

### 2 - Titre du sujet de thèse

**Effet de topologie et stabilité de la transition entre phase détachée et phase ionisante du plasma**

### 3 - Thématique de Recherche

**Physique théorique / Physique théorique**

### 4 - Pièce jointe

Y a-t-il une pièce jointe associée ? **Non**

Intitulé de la pièce jointe :

## 5 - Résumé

Le confinement des plasmas dans les tokamaks doit permettre de concilier les plasmas en régime de combustion thermonucléaire au cœur du dispositif et les conditions du plasma périphérique permettant l'interaction plasma-paroi en régime stationnaire en minimisant le vieillissement des composants face au plasma.

La région dédiée à l'interaction plasma-paroi appelée divertor doit assurer une transition entre le plasma ionisant où rayonnent fortement les impuretés légères et où la population d'atomes neutres est très faible, et le plasma détaché recombinant plus froid caractérisé par un fort couplage entre le plasma et une population de neutres plus importante. Des fronts séparent ces différentes phases du plasma et une bonne compréhension de leur dynamique constitue un enjeu majeur pour l'interaction plasma-paroi dans les tokamaks actuels et les futurs réacteurs.

Dans ce contexte, les expériences menées sur le tokamak WEST à Cadarache, où la géométrie de l'interaction neutres-composant face au plasma est originale, permettront de développer une connaissance expérimentale approfondie, abordée avec le soutien de la nouvelle génération d'outils de simulation développée par l'équipe, et permettant de maîtriser le rôle des atomes neutres dans la physique du détachement.

Le travail de thèse proposé est axé sur l'étude expérimentale sur WEST et d'autres expériences en Europe avec une implication forte de la modélisation.

## 6 - Exposé du sujet

Le confinement des plasmas dans les tokamaks doit permettre de concilier les plasmas en régime de combustion thermonucléaire au cœur du dispositif et les conditions du plasma périphérique permettant l'interaction plasma-paroi en régime stationnaire en minimisant le vieillissement des composants face au plasma.

Dans le divertor, la région dédiée à l'interaction plasma-paroi, les conditions doivent assurer les transitions d'un régime de rayonnement des impuretés légères dans un plasma ionisant, en conséquence avec une population d'atomes neutres très faible, à un état détaché avec un fort couplage entre les neutres et le plasma et enfin à un état de plasma recombinant dominé par les atomes neutres. Des fronts séparent ces différentes phases du plasma et les différents régimes réalisés se caractérisent par le détachement successif de ces fronts de la paroi. En volume les différents états coexistent et la dynamique des fronts est cruciale pour maintenir ces régions de transitions dans le divertor.

Dans l'approche la plus simple, seule la dynamique parallèle au champ magnétique est retenue. Les effets de géométrie interviennent alors dans la localisation de ces fronts et leur stabilité. Ce problème a des analogies fortes avec la physique des fronts de flamme. Cependant, les résultats les plus récents de notre groupe montrent que les variations rapides des propriétés thermodynamiques le long des lignes de champ génèrent des écoulements à grande échelle en compétition avec les écoulements parallèles aux lignes de champ. Ils peuvent alors conduire à des changements de topologie des écoulements et donc d'organisation spatiale des interfaces entre les différents états du plasma.

En contraste avec cette vision théorique de la physique attendue dans les divertors, les efforts de modélisation n'ont pas permis de trouver des régimes stables et performants mettant en synergie ces états du plasma. L'utilisation de notre connaissance sur les écoulements à grandes échelles, et l'interaction non-linéaire avec l'organisation spatiale des différents états du plasma doit permettre de dépasser ce verrou. En effet, un mécanisme autorégulé de perte de charge du plasma, notamment en amplifiant les échanges de quantité de mouvement via la turbulence, aurait des propriétés génériques peu dépendantes des atomes neutres et en conséquence de la géométrie des composants face au plasma et de la localisation du front d'ionisation.

Dans ce contexte, les expériences dans WEST, où la géométrie de l'interaction neutres-composant face au plasma sera originale, permettront de développer une connaissance expérimentale approfondie, abordée avec le soutien de la nouvelle génération d'outils de simulation développée par l'équipe, et permettant de maîtriser le rôle des atomes neutres dans la physique du détachement.

Le travail de thèse proposé est axé sur l'étude expérimentale sur WEST et d'autres expériences en Europe avec une implication forte de la modélisation.

## 7 - Collaborations (éventuelles) prévues

Laboratoire : **PIIM**

Organisme : **CNRS**

Responsable : **Marandet Yannick**

Raison de la collaboration :

**Le Dr Yannick Marandet collabore avec le CEA sur les problématiques de fusion par confinement magnétique depuis plusieurs années. Il est d'ailleurs l'un des experts mondiaux de la physique des neutres produits par l'interaction plasma paroi dans un tokamak et de leur modélisation par le code Monte Carlo Eirene.**

Duree : **36**

## 8 - Partenariat(s) industriels prévu(s) (éventuellement)

## 9 - Correspondant chargé du suivi de la thèse au CEA

Nom: **Bufferand**

Prénom: **Hugo**

Adresse : **IRFM, Bâtiment 508,  
CEA Cadarache,**

**13108 Saint-Paul-lez-Durance**

Téléphone **04 42 25 77 04**

@mail: **hugo.bufferand@cea.fr**

Habilitation à diriger des recherches :

**Non**

Organisme de rattachement : **CEA**

Combien de thèses avez-vous déjà

**1**

Combien de doctorants encadrerez-vous durant l'année universitaire 2018/2019 ? **1**

## 10 - Directeur de thèse

Nom: **CIRAULO**

Prénom: **Guido**

Adresse : **CEA, IRFM, 13108 St Paul Lez Durance**

Téléphone: **0442254950**

@mail: **guido.ciraolo@cea.fr**

Habilitation à diriger des recherches :

**Oui**

Organisme de rattachement : **CEA**

Combien de thèses avez-vous déjà encadrées

**4**

Combien de doctorants encadrerez-vous durant l'année universitaire 2018/2019 ? **2**