

CEA/CADARACHE

DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE (DSM)

INSTITUT DE RECHERCHE SUR LA FUSION PAR CONFINEMENT MAGNETIQUE (IRFM)

CEA/Cadarache - 13108 St Paul-lez-Durance Cedex

Visitez notre site Web : <http://www-fusion-magnetique.cea.fr>

PROPOSITION DE STAGE 2013-2014

Nom du Responsable de la thèse : Julien HILLAIRET (CEA)	e-mail : julien.hillairet@cea.fr
	téléphone : 04 42 25 39 81 (CEA)
	secrétariat : 04 42 25 45 55 (CEA)
Équipe de Recherche : CEA Cadarache (DSM/IRFM/SCCP/GCHF)	

Niveau du stage : MASTER II OU INGENIEUR
Durée du stage : 6 mois

sujet du stage :

Titre:

Modélisation des propriétés d'émission secondaire de composants RF haute puissance.

Contexte et objectifs :

Pour constituer une filière envisageable pour un réacteur produisant de l'électricité à partir de réactions de fusion nucléaire, un réacteur *tokamak* nécessite une source de courant non inductive pour pouvoir fonctionner de façon continue. Les ondes à haute fréquence (HF), en transférant leur énergie aux électrons circulant dans une direction privilégiée, constituent une source de courant largement étudiée sur les tokamaks depuis plus de 30 ans. Parmi ces ondes HF, les ondes à la fréquence hybride basse sont celles conduisant à la meilleure efficacité, évaluée en ampère de courant généré par watt injecté.

Ces ondes de fréquence comprise entre 1 et 8 GHz sont transportées du générateur à l'antenne rayonnant la puissance dans le plasma par des guides d'ondes. Ces guides sont d'abord sous pression de gaz puis dans le vide du tokamak comme l'antenne. Il faut donc disposer à la frontière une fenêtre qui soit étanche vis-à-vis du gaz mais transparente pour les ondes. Le tokamak ITER en cours de construction à Cadarache envisage de construire un système à la fréquence de 5 GHz pour allonger la durée des décharges de 400 à 3000 secondes. Ce système pourra coupler 20 MW de puissance et la place disponible pour accueillir l'antenne sur le tokamak impose de devoir transmettre 500 kW par fenêtre. Il y a un saut technologique important entre ce qui a été testé sur le tokamak du CEA Tore Supra (300 kW à 3.7 GHz) et ce qui est nécessaire pour ITER (500 kW à 5 GHz).

Les capacités de transmission de puissance des antennes sous vide sont limitées par l'effet « multipactor » qui se produit quand l'énergie cinétique (gagnée dans le champ de l'onde HF) des électrons frappant les surfaces des guides ou de la fenêtre est suffisamment élevée. Un phénomène d'« avalanche électronique » se crée et génère un claquage (arc) dans le gaz résiduel à faible pression, qui peut endommager les structures. Le paramètre critique qui va régler le niveau de champ électrique HF maximal (et donc de puissance HF) est le taux d'émission secondaire. Ce taux dépend du matériau de la cible et de sa topologie (rugosité) ainsi que des gaz adsorbés et des traitements effectués à sa surface. Ce taux est plus élevé pour les céramiques que pour les métaux et il est critique d'évaluer les limites de puissance attendues de ces fenêtres dans les conditions expérimentales réelles (température d'étuvage, présence d'un champ magnétique statique, effet d'un film métallique ultramine ...).

Des 'recettes', résultant de l'expérience ont été utilisées par les industriels sans qu'aucune étude de base n'ait été entreprise, conduisant à des lois empiriques souvent pessimistes. De façon générale, on trouve très peu d'études dans la littérature sur les propriétés d'émission des céramiques et en particulier sur l'oxyde de béryllium et l'effet d'une couche 'anti-multipactor'. Le vieillissement de ce film très mince

est aussi très mal connu.

Nature du travail à réaliser par l'étudiant :

Pour une courbe donnant le taux d'émission secondaire en fonction de l'énergie de l'électron incident, il est possible de calculer le facteur d'amplification de la population d'électrons et donc de prédire la puissance à partir de laquelle le claquage apparaît. Ceci a été fait dans des géométries simples pour des guides métalliques avec et sans champ magnétique continu. Nous nous proposons de mener cette étude dans le cas de géométries plus complexes (éléments d'antenne HF, fenêtre HF) en tenant compte du champ magnétique statique qui est présent au voisinage d'un tokamak.

Pour ce faire l'étudiant utilisera un code de simulation numérique existant pour lesquels les courbes expérimentales, déterminées à partir des expériences conduites, serviront de paramètres d'entrée. Il vérifiera de façon précise l'effet bénéfique d'un part de l'augmentation de la fréquence (3.7 GHz à 5 GHz) et d'autre part de l'étuvage à haute température (~300°C) sur le seuil d'apparition de l'effet multipactor.

Domaine de spécialité, compétences : hyperfréquence, physique des matériaux

Prolongement possible thèse : OUI (en collaboration avec le CNES Toulouse)